

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ –
TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**

Hornicko-geologická fakulta

Institut ekonomiky a systémů řízení

**Využití technologie radiofrekvenční identifikace
v automobilovém průmyslu**

diplomová práce

Autor:

Bc. Jan Šacl

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Filip Beneš

Ostrava 2012

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jan Šacl**

Studijní program: N2102 Nerostné suroviny

Studijní obor: 3902T033 Systémové inženýrství v oblasti surovin

Téma: **Využití technologie radiofrekvenční identifikace v automobilovém průmyslu**
Automotive Industry RFID Technology Utilisation

Zásady pro vypracování:

Proveďte analýzu využití technologie radiofrekvenční identifikace v automobilovém průmyslu. Zaměřte se na využití EPCIS systémů a jeho konkrétní aplikaci. Práci strukturujte v následujících bodech:

Úvod

- 1 Technologie RFID
- 2 Hardwarové vybavení
- 3 Softwarové vybavení
- 4 Potenciál RFID v automobilovém průmyslu
- 5 Aplikace systému standardizovaného zpracování dat
- 6 Závěr

Rozsah práce: cca 45 stran textu

Seznam doporučené odborné literatury:

- 1 RFID Sourcebook. Lahiri, Sandip. IBM Press. © 2006. Books24x7. ISBN: 9780131851375, 304 stran
- 2 RFID: A Guide to Radio Frequency Identification. Daniel Hunt, V., Albert Puglia, and Mike Puglia. John Wiley & Sons. © 2007. Books24x7. ISBN:9780470107645, 214 stran
- 3 EPC Information Services (EPCIS) Version 1.0.1 Specification. EPCglobal Inc. 2007 Vydáno 21.9.2007, 146 stran <http://www.gs1.org/gsm/kc/epcglobal/epcis/epcis_1_0_1-standard-20070921.pdf>
- 4 <http://www.rfidjournal.com/>

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Filip Beneš**

Datum zadání: 31.10.2011

Datum odevzdání: 30.04.2012

doc. Dr. Ing. Oldřich Kodým
vedoucí institutu

prof. Ing. Vladimír Slivka, CSc., dr.h.c.
děkan fakulty

Prohlášení

- *Celou diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracoval(a) samostatně a uvedl(a) jsem všechny použité podklady a literaturu.*
- *Byl(a) jsem byl seznámen(a) s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.*
- *Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).*
- *Souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.*
- *Souhlasím s tím, že diplomová práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>*
- *Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.*
- *Bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).*

V Ostravě dne

Bc. Jan Šacl

.....

Poděkování:

Touto formou bych rád poděkoval ing. Filipu Benešovi za odborné vedení mé diplomové práce, hodnotné konzultace a především snahu, ochotu a nemalou trpělivost, při vytváření jejích problémových částí.

Anotace

V předložené práci je zpracován přehled o využití technologie radiofrekvenční identifikace v automobilovém průmyslu. V úvodní části je popsána technologie RFID, historie a komponenty, které jsou k implementaci systému nezbytné. Druhá část je zaměřena na hardware komponenty s podrobným popisem a principem jejich fungování. Následně jsou popsány softwary potřebné pro zpracování dat, které jsou hardwarovou technikou načteny. Ve čtvrté kapitole je nastíněn vývoj identifikační technologie společně s detailním popisem způsobu identifikace čárovými kódy a RFID v logistickém řetězci. Součástí této kapitoly je také vyhodnocení obou použitých technologií a rozbor možného uplatnění RFID technologie v životním cyklu automobilu. Na závěru práce je vytvořena názorná ukázka aplikace RFID systému do automobilového průmyslu realizovaná v prostředí RFID laboratoře.

Klíčová slova: RFID, EPCIS, EPC, UPLUS, Automobilový průmysl

Summary

The thesis is focused on application of RFID technology in the automotive industry. In the first part I describe the RFID technology, history, and components that are necessary to implement the system. The second part is focused on hardware components with a detailed description and principle of operation. Then I describe the software components required for data processing. The fourth chapter outlines the development of identification technology, together with a detailed description method of identification via barcodes and RFID in the logistics chain. This chapter is also an evaluation of both the technologies and analysis of the potential application of RFID technology in the life cycle of an automobile. The conclusion is done by demonstration of RFID applications in the automotive industry implemented in an RFID laboratory.

Keywords: RFID, EPCIS, EPC, UPLUS, Automotive

Obsah

ÚVOD.....	1
1. TECHNOLOGIE RFID.....	2
1.1. RFID	2
1.2. HISTORIE	3
1.3. RFID SYSTÉM.....	4
2. HARDWAROVÉ VYBAVENÍ.....	6
2.1. TAGY	6
2.1.1. Dělení podle tvaru a účelu použití	7
2.1.2. Dělení podle zdroje energie	10
2.1.3. Dělení podle typu paměti	11
2.1.4. Dělení podle typu frekvenčního pásma	11
2.2. ČTEČKY	13
2.2.1. Funkce čteček.....	13
2.2.2. Komponenty čtečky	14
2.2.3. Dělení podle tvaru a použití	14
2.3. ANTÉNY.....	16
2.3.1. Funkce antén.....	16
3. SOFTWARE VYBAVENÍ.....	19
3.1. STANDARDY	19
3.1.1. Standard EPC	19
3.1.2. Základní bloky komunikační sítě.....	20
3.2. MIDDLEWARE.....	21
3.3. EPCIS	23
4. POTENCIÁL RFID V AUTOMOBILOVÉM PRŮMYSLU.....	24
4.1. IDENTIFIKACE ČÁROVÝMI KÓDY V AUTOMOBILOVÉM PRŮMYSLU	27
4.1.1. Identifikace čárovými kódy u subdodavatelů	28
4.1.2. Identifikace čárovými kódy u výrobce	29
4.1.3. Identifikace čárovými kódy u distributora.....	30
4.2. IDENTIFIKACE POMOCÍ RFID V AUTOMOBILOVÉM PRŮMYSLU	30
4.2.1. Identifikace RFID u subdodavatelů.....	30
4.2.2. Identifikace RFID u výrobce	34
4.2.3. Identifikace RFID u distributora.....	35
4.3. VYHODNOCENÍ RFID VS. ČÁROVÉ KÓDY	36
4.3.1. SWOT analýza RFID.....	37
4.4. POTENCIÁL RFID V AUTOMOBILOVÉM PRŮMYSLU	38
4.4.1. Výroba.....	39
4.4.2. Distribuce a Prodej.....	40
4.4.3. Provoz	41
4.4.4. Údržba.....	41
4.4.5. Ekologická likvidace	42
5. APLIKACE SYSTÉMU STANDARDIZOVANÉHO ZPRACOVÁNÍ DAT.....	43
5.1. UPLUS.....	43
5.1.1. UPLUS Hub	44
5.1.2. Supply Chain Modeler	44
5.1.3. Visibility Service	45
5.1.4. e-Pedigree Service	47
5.2. FOSSTRAK.....	48
5.3. APLIKACE RFID SYSTÉMU V PROSTŘEDÍ AUTOMOBILOVÉHO PRŮMYSLU	49
5.3.1. Aplikace tagů na produkty	50
5.3.2. Agregace spotřebitelských jednotek.....	51

5.3.3.	<i>Sledování pohybu označené obchodní jednotky</i>	<i>52</i>
5.3.4.	<i>Paletizace</i>	<i>53</i>
5.3.5.	<i>Zavážení palety do skladu a umístění do příslušné lokace</i>	<i>54</i>
ZÁVĚR		55
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY		56
SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ		59
SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK		60

Seznam použitých zkratk

České zkratky

IS	Informační systém
VŠB-TUO	Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Cizojazyčné zkratky

ASP	Application Service Provider (poskytovatel aplikačních služeb)
AUTO-ID	Automatic Identification (automatická identifikace)
EPC	Electronic product code (Elektronický kód produktu)
EPCIS	Electronic Product Code Information Service (EPC informační servis)
ERP	Enterprise Resource Planning (plánování podnikových zdrojů)
GTIN	Global Trade Item numer (globální číslo obchodní položky)
HF	High-frequency (vysoká frekvence)
IFF	Identification, Friend and Foe (identifikace přítele a nepřítele)
LF	Low-frequency (nízká frekvence)
MW	Microwave- frequency (mikrovlná frekvence)
ONS	Object Name Service
PC	Personal Computer (osobní počítač)
RCL	Release Coated Liner
RFID	Radio Frequency Identification (radiofrekvenční identifikace)
RW	Read-Write (čtení/zápis)
SGTIN	Serialized Global Trade Item Number (sériové globální číslo obchodní položky)
SSCC	Serial Shipping Container Code (sériový kód logistické jednotky)
UHF	Ultra High-frequency (velmi vysoká frekvence)
UPLUS	Ubiquitous Product Lifecycle Unified System (všudypřítomný jednotný systém životního cyklu produktu)
VIN	Vehicle Identification Number (identifikační číslo vozidla)

Úvod

S rychle rostoucím vývojem průmyslu vzrůstají nároky na přesnou identifikaci zboží. Na samotném počátku rozvoje logistického řetězce byly společnosti z hlediska identifikace vlastního zboží zcela závislé na lidském faktoru. Pro identifikaci zboží byly využívány jednoduché samolepící štítky s detailním popisem výrobku. Pracovník byl tedy při kontrole nebo identifikaci zboží odkázán na ruční vyhledávání požadovaného zboží a ručním záznamu do kartotéky, což bylo velmi zdlouhavé a neefektivní. Obrovským převratem v oblasti identifikace zboží se stala technologie RFID, která si slibuje velkolepý nástup do oblasti logistických postupů. I přes prvotní finanční náročnost se ceny jednotlivých prvků snižují a RFID technologie je stále blíže možnosti postupného zavádění a naplnění kompletní infrastruktury dodavatelského řetězce výrobních podniků.

Cílem této práce je provést analýzu využití technologie radiofrekvenční identifikace v automobilovém průmyslu, zaměřit se na využití EPCIS systémů a jeho konkrétní aplikaci v daném prostředí.

V první části jsou popsány nejdůležitější vlastnosti a principy fungování dané technologie. Dále je uvedena historie vzniku RFID a následně vytvořen přehledný popis všech komponentů, ať softwarových či hardwarových, potřebných pro celkovou realizaci a implementaci systému.

V následující části popisují technické prostředky potřebné pro zajištění hardwarové stránky RFID systému. Jednotlivé komponenty jsou detailně popsány z hlediska funkce, vlastností a vhodného rozdělení. Data, která jsou technickými prostředky načtena, vyžadují vhodné programové zpracování pro efektivní spolupráci z hlediska výrobních informací.

Ve třetí části se tedy zaměřuji na popis všech potřebných softwarových prostředků pro plnou realizaci RFID systému.

Ve čtvrté části je uveden vývoj identifikačních technologií a analýza identifikace čárovými kódy a RFID v prostředí automobilového průmyslu. Na závěr kapitoly je provedeno srovnání obou technologií a SWOT analýza technologie RFID společně s rozбором možného uplatnění technologie v životním cyklu automobilu.

V poslední části je popsán korejský software UPLUS s ukázkou vstupních obrazovek. Na závěr práce byla provedena názorná aplikace RFID systému do automobilového průmyslu realizovaná v prostředí RFID laboratoře.

1. Technologie RFID

V úvodní kapitole mé práce popisuji princip a funkci RFID technologie jakožto nástroje pro bezkontaktní identifikaci. Dále popíšu historii RFID technologie a komponenty, které jsou pro plnohodnotné fungování RFID systému nezbytné.

1.1. RFID

RFID (Radio Frequency Identification) - radiofrekvenční identifikace je moderní technologie identifikace objektů pomocí radiofrekvenčních vln. Tento systém lze úspěšně nasadit v mnoha odvětvích a oblastech, kde je kladen důraz na co nejrychlejší a přesné zpracování informací a okamžitý přenos těchto načtených dat k následnému zpracování. Tento systém je řazen do kategorie technologií automatické identifikace [28].

Prostředky automatické identifikace (dále jen Auto-ID) jsou například čárové kódy, optické čtečky a některé biometrické technologie, např. skenování sítnice. Auto-ID technologie byly navrženy pro redukci množství času a práce potřebné pro načtení vstupních dat a zlepšení přesnosti těchto dat.

Některé Auto-ID technologie, jako je technologie čárových kódů, zpravidla vyžaduje, aby osoba vyhledala daný štítek nebo tag pro načtení potřebných dat. RFID technologie je navržena tak, aby zachytila údaje o tagu a přenesla na počítačový systém, aniž by bylo potřeba osoby, která data načte [27].

Hlavní výhodou RFID je:

- bezkontaktní způsob identifikace objektů, možnost čtení i přes nepřímou viditelnost
- kvalitní přenos dat i při špatných optických či atmosférických podmínkách,
- rychlost čtení, pohybující se většinou v časech pod 100 milisekund,
- aktivní čipy pak přinášejí nové možnosti interakce identifikačního procesu
- hromadné čtení
- schopnost pracovat s dynamickými daty

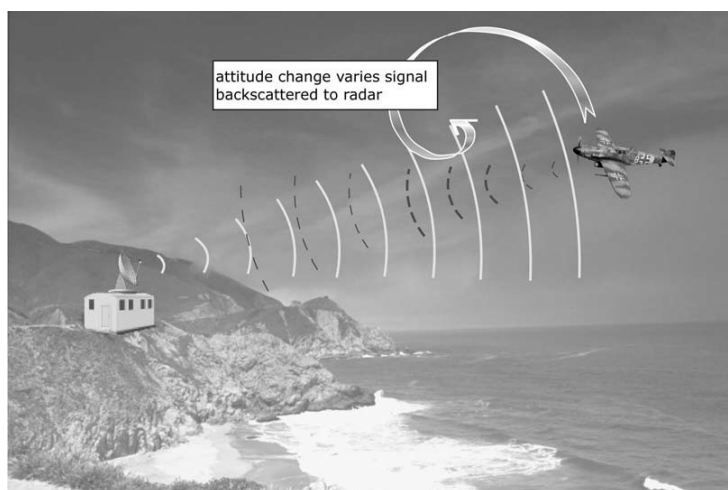
Tuto technologii lze najít v různých odvětvích průmyslu jako je např.:

- kontrola výrobních procesů
- logistika
- dodávky a expedice
- obchodní řetězce
- identifikace zvířat
- automobilový průmysl
- zdravotnictví

V těchto odvětvích RFID technologie zvyšuje přesnost, rychlost, efektivnost a celkovou inteligenci samotné kontroly [7].

1.2. Historie

Lze obecně říci, že kořeny rádiové identifikace sahají až do období druhé světové války, kdy se k navigaci letadel začaly používat rádiové vysílače, tzv. radiomajáky. V roce 1935 bylo postaveno první prakticky využitelné zařízení pro rádiovou identifikaci letadel pomocí mikrovln. Tento vynález byl zkonstruován skotským elektrotechnikem sirem R. Watson-Wattem, který se tak stal skutečným vynálezcem radaru. V roce 1939 byla objevena technologie podobná dnešnímu RFID tzv. IFF (Identification, Friend and Foe), která se za války používala k odlišení spojeneckých a nepřátelských letadel.



Obr. č. 1 Ukázka přístroje pro rádiovou detekci letadel [1]

V letech 1950 až 1960 pokračoval vývoj komunikačních systémů, byly vyvíjeny a testovány nové aplikace, které byly založeny na jednobitových čipech, které pomocí signalizace informovaly o tom, zda jsou či nejsou přítomny. Toto řešení bylo využíváno jako systém proti krádeži v obchodech.

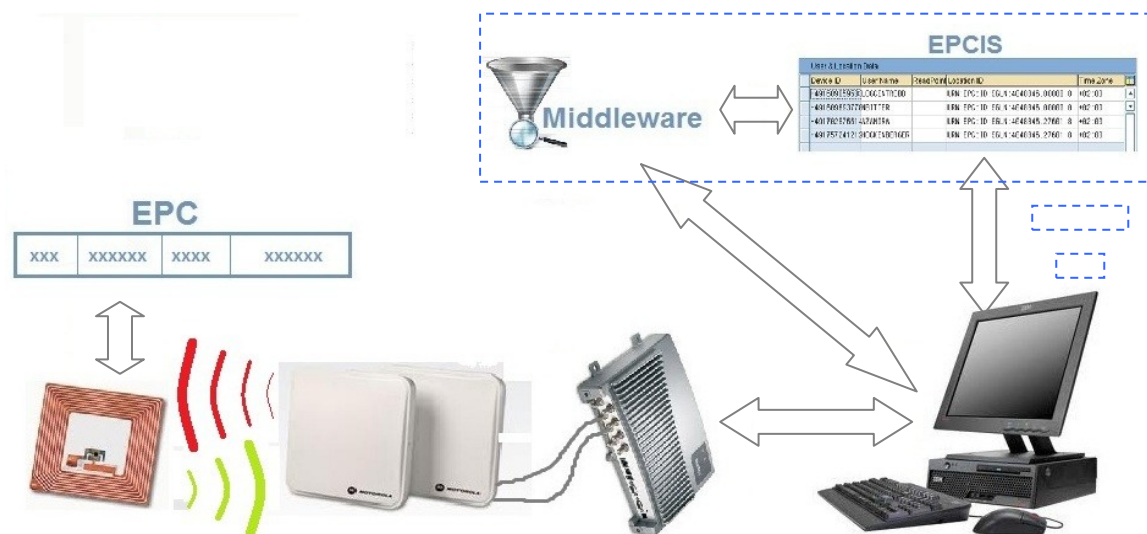
Roku 1970 si nechal Mario Cardullo patentovat vysílací zařízení s pamětí a dalšími funkcemi dnešního RFID čipu. První skutečný RFID čip se objevil roku 1973 a byl předveden americkou Los Alamos Scientific Laboratory. Od roku 1980 až 1990 se začaly objevovat nejrůznější komerční aplikace bezkontaktního identifikačního systému (např. bezkontaktní karty, používané k identifikaci vstupů do budov, lyžařských vleků, mýtné brány, atd.). V devadesátých letech nastaly s vytvořením prvních standardů vhodné podmínky pro mezinárodní využívání RFID a jeho rozšíření do nejrůznějších odvětví [7].

1.3. RFID systém

Pro efektivní zavedení RFID systému do reálného provozu potřebujeme několik nezbytných komponentů.

Tabulka č. 1 Komponenty RFID systému

EPC kód	Jednoznačná identifikace daného tagu, respektive výrobku či přepravního balení.
RFID tag	Zařízení (značka), umístěné na objektu, který chceme identifikovat.
RFID antény	Zařízení, které zajišťuje komunikaci s RFID tagy a zároveň komunikaci s řídicími systémy.
RFID čtečka	Elektronické zařízení, které skrze anténu zprostředkovává komunikaci s tagy a čte uložený EPC kód.
Datová infrastruktura	Kabely potřebné k propojení jednotlivých komponent RFID systému.
Middleware	Softwarové vybavení, které filtruje a překládá data pro použití v informačním systému.
EPCIS	Sada rozhraní, sloužící k získávání a sdílení informací o produktech označených kódem EPC.



Obr. č. 2 Komponenty RFID systému

Na samotném počátku RFID identifikace je jednoznačné sériové číslo produktu EPC, které je primárně spjato s příslušným tagem. RFID anténa vyšle impulz vyvolaný čtečkou, který se vrátí s informacemi o načtení příslušných dat z RFID tagu (EPC kód). Přijatá data jsou načtená do čtečky a odeslána do systému, který tyto data přefiltruje pomocí Middleware a přidá jim logistický význam. Přefiltrovaná a obohacená data jsou ukládána do EPCIS, který slouží jako databáze získaných dat. S těmito daty se dá v podniku plnohodnotně pracovat a případně poskytovat obchodním partnerům.

V následujících kapitolách se budu detailněji zabývat jednotlivými komponenty RFID systému a způsobu, jakým pracují a komunikují.

2. Hardwarové vybavení

V této kapitole se budu zabývat hardwarovým vybavením RFID systému, tedy komponenty, které jsou z hlediska hardwaru nezbytné pro celkovou implementaci systému. Mezi nejzákladnější komponenty patří:

- Tagy
- Čtečky
- Antény

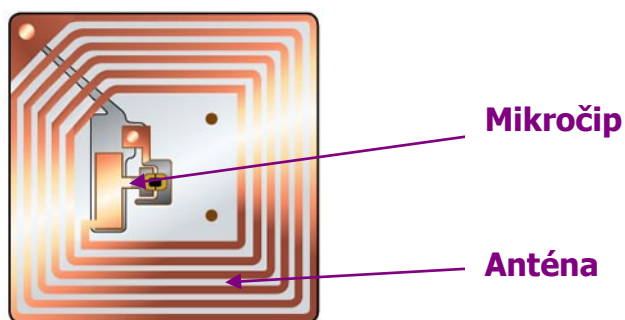
2.1. Tagy

RFID tag je paměťový radiofrekvenční čip nesoucí datovou informaci, rovněž nazývaný transpondér. Jeho název vznikl spojením anglických slov „transmit“ – přenos a „response“ – odpověď. Mezi základní funkce RFID tagu patří ukládání dat a přenos těchto dat do RFID čtečky [7].

RFID tagy jsou tedy zařízení, které se instalují na předměty nebo materiály, určené ke sledování a identifikaci. Tagy mohou být umístěny přímo na jednotlivé položky v oblasti spotřebního zboží (spotřebitelská jednotka), u přepravy kontejnerů nebo palet, které mají více než jednu položku (logistická jednotka). Tagy mohou mít rozličné množství tvarů, velikostí a schopností.

Hlavní funkcí RFID tagů je přenos dat do RFID systému, kde probíhá jejich zpracování. Tagy obvykle obsahují tři základní části. Mezi ně patří:

- Mikročip – určuje kapacitu a typ RFID tagu
- Anténa – určuje kvalitu příjmů a odesílání RF signálu
- Propojení a zapouzdření – určuje možnost použití v různých prostředích a životnost tagu (plast, papír, keramika, sklo) [21]



Obr. č. 3 Ukázka RFID tagu [23]

2.1.1. Dělení podle tvaru a účelu použití

Technologické provedení tagu je v prvé řadě dáno aplikací, pro kterou bude sloužit. Některé tagy musí být vyrobeny tak, aby byly schopny odolávat vnějším vlivům, jako jsou extrémní teploty, vlhkosti nebo leptavé chemikálie. Co se týče tvaru a účelu použití, existuje několik desítek typů tagů.

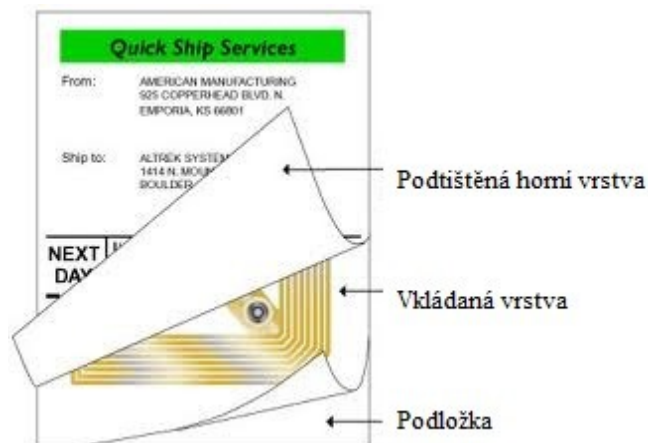
Kruhový tag je jeden z nejznámějších a nejvyužívanějších tagů, též nazývaných mince. Jak je z obrázku patrné, mají kruhový tvar o velikosti od několika mm až 10 cm. Největší výhodou těchto tagů je jejich snadná implementace do různých objektů. Kruhových tagů se nejvíce využívá u klíčenek, identifikačních hodinek, imobilizérů, nebo třeba jako forma bezkontaktní identifikace prádla v prádelnách, případně v čistírnách oděvů [7].



Obr. č. 4 Ukázka kruhových tagů [7]

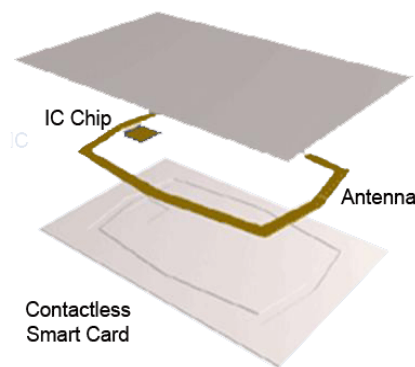
Chytrá etiketa (Smart Label) je vícevrstvá etiketa, u které je její svrchní část klasicky potisknutá (tlakem, teplotou nebo inkoustem) a spodní část je tvořená RFID tagem. Tag je vždy menší než samotná etiketa a je připevněn na silikonové nosné podložce. Svrchní etiketa s nalepeným tagem je následně připevněna na podložku RCL

(Release Coated Liner), ze které se etiketa snímá. RFID tag je tedy pevně zafixován mezi horní podtištěnou vrstvou a podložku, a tedy ani laik na první pohled nepozná rozdíl od běžné etikety [18].



Obr. č. 5 Vrstvení tagu Smart Label

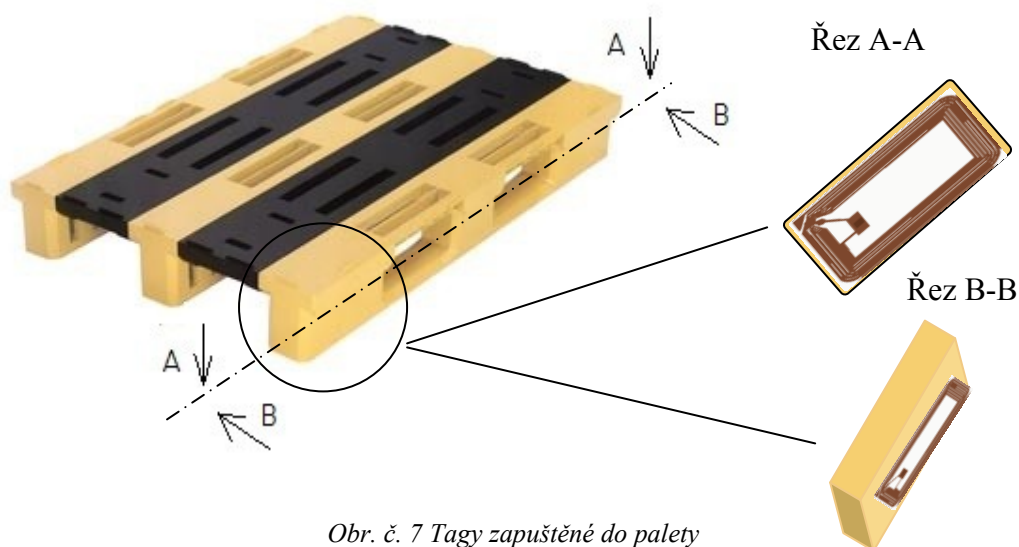
Smart Card, neboli formát platební karty, nepatří z hlediska rozměrů k nejmenším, ale díky tomu je možné zde umístit poměrně velkou anténu, což má dobrý vliv na čtecí dosah systému. RFID karty se vyrábějí vrstvením, tedy procesem, kdy se mezi vrstvy plastu zataví anténa s čipem (obr. č. 6). Největším úskalím tohoto řešení je pro výrobce těchto karet dodržení tloušťky 0,8mm.



Obr. č. 6 Zapuštění tagu do plastových karet [17]

Jinou formu technologického zpracování představují **tagy zapuštěné přímo do výrobku**. V případě, že se výrobek dostává do kontaktu s nepříznivými okolními vlivy, je třeba tag ve výrobku zapouzdřit. Největší výhodou tohoto typu implementace je nízká cena a vysoká odolnost vůči mechanickým, ale i jiným vlivům, kde by například „chytré nálepky“ neobstály [7].

Zcela zřejmým příkladem využití této technologie je zapuštění tagu do plastových palet, které jsou v logistickém řetězci nedílnou součástí. Podstatou myšlení je schopnost poskytovat v reálném čase přehledné informace o paletách, které jsou v oběhu. Tagy jsou do palety zapuštěny do protilehlých rohů, čímž je zajištěno, že bez ohledu na orientaci dopravníku, bude aspoň jeden tag systémem zachycen. Po implementaci je možné do tagu zapsat informace. Jakmile paleta dokončí logistický cyklus, jsou tagy vymazány a přepsány.



Obr. č. 7 Tagy zapuštěné do palety

Dalším typem jsou **skleněné tagy**, které byly vyrobeny pro možnost implementace RFID tagu pod pokožku a jsou vhodné pro aplikace v lékařství, identifikaci zvířat apod. V podstatě jde o skleněnou trubičku o velikosti 10 až 30 mm, ve které je na plastovém nosiči zachycen čip společně s navinutou cívkou o tloušťce drátu 0,04 mm. Všechny komponenty jsou poté zapuštěny v mírně přiléhavém materiálu pro dosažení vyšší mechanické odolnosti [7].



Obr. č. 8 Skleněné tagy [11]

2.1.2. Dělení podle zdroje energie

Pasivní tagy neobsahují napájecí zdroj. Pro napájení elektrického obvodu tagu odebírá tag elektromagnetickou energii získanou z RFID anténních systémů. Vzhledem k tomu, že pasivní tagy neobsahují vlastní zdroj energie, mohou být návrhy i samotná výroba tagu jednodušší a levnější. Bez nároku na zdroj energie je jejich poruchovost a nefunkčnost takřka nulová, mohou mít tedy neomezenou trvanlivost ve srovnání s aktivními tagy. Nevýhodou všech pasivních tagů je jejich velmi omezený rozsah. Vzhledem k tomu, že jsou pasivní tagy závislé na energii z čtecího zařízení a antény, musí být tagy v těsné blízkosti čtečky a antény s cílem získat dostatečný výkon pro přenos signálu. Dle mnoha odborníků jsou pasivní tagy budoucností RFID technologie. Díky velmi nízké ceně pasivního tagu v řádech korun lze očekávat zvýšení hustoty výroby a významnou akceptaci tohoto systému [4].

Aktivní tagy obsahují vysílač, který je stále aktivní. Napájeny jsou baterií o velikosti mince a jsou určeny pro komunikaci až do 100 metrů od RFID čtečky. Aktivní tagy mohou být navrženy s různou specializovanou technologií, včetně mikroprocesorů, různými typy snímačů, nebo I/O zařízení. V závislosti na cílové funkci tagu mohou být informace zpracovány a uloženy pro okamžitou nebo pozdější lokaci čtečkou. Nevýhodou aktivních tagů je značná velikost a vyšší cena než u pasivních tagů. Mohou však obsahovat větší množství dat o výrobku. Největší výhodou oproti pasivním tagům je schopnost ukládat data získaná ze svých senzorů [6].

Různí autoři se v definici mezičlánku mezi aktivní a pasivní technologií rozcházejí a definují zvláště semi-aktivní a semi-pasivní tagy. Já jsem se rozhodl pro jednoduchost spojit tyto definice do jedné s přihlédnutím k nízkým rozdílům. RFID tagy mohou být také navrženy s funkcí jak pasivního, tak aktivního tagu. Tato technologie se snaží udržet výhody a současně eliminuje nevýhody každého z nich. **Semi-aktivní** tagy obvykle používají interní baterii pro napájení obvodu, který obsahuje snímače pro monitorování podmínek prostředí, jako jsou teplota a vlhkost, nebo rozpoznat různé vibrace nebo pohyb. Velké využití mají tyto tagy k monitorování možného poškození nebo neoprávněného pohybu při přepravě nebo skladování. Nicméně, na rozdíl od aktivních tagů, semi-aktivní tagy nevyužívají svůj vnitřní zdroj energie pro komunikaci s anténou. Pro komunikační

funkci spoléhá semi-aktivní tag na elektromagnetickou energii získanou od systému antény. Tímto způsobem šetří tag vnitřní energii, což značně zvyšuje životnost baterie [4].

2.1.3. Dělení podle typu paměti

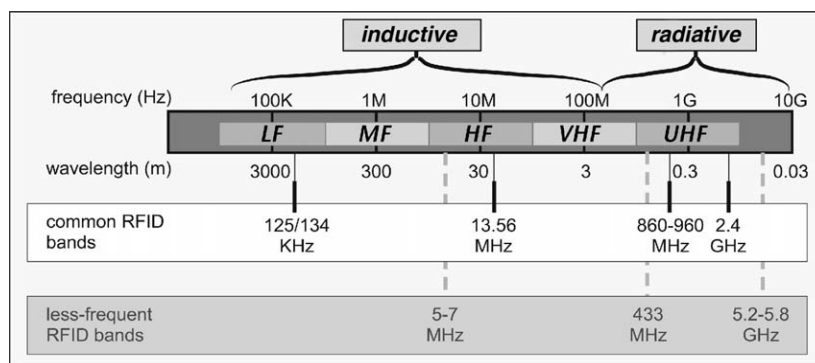
Read-Only tagy jsou tagy, u kterých jsou identifikační údaje zadávány výrobcem tagu. Proto musí být tyto tagy stanoveny výrobcem a potvrzeny kupujícím, nebo určeny kupujícím. Jak už z názvu vypovídá, jsou tyto tagy využívány pouze pro čtení a většinou jsou naprogramovány s velmi omezenou vnitřní pamětí od 40 do 512 bit. Rychlost čtení dosahuje 1000tagů/sec.

Tagy WORM jsou tagy pouze pro čtení, které nejsou naprogramovány výrobcem a nelze tyto údaje vymazat ani změnit. Výhodou těchto tagů je možnost zákazníka vkládat identifikační údaje na tag. Paměť se pohybuje od 40 do 512 bit. Rychlost čtení 200tagů/sec.

Tagy Read-Write jsou podobně jako tagy WORM naprogramovány kupujícím, avšak oproti předchozímu typu mají tyto tagy výhodu v možnosti přeprogramování identifikačních údajů. Read/write tagy mohou uchovávat velké množství dat (pasivní tagy 386b až 8Kb, aktivní tagy 16KB až 2MB) s možností adresovatelné paměti. Rychlost čtení 1000tagů/sec [4], [7].

2.1.4. Dělení podle typu frekvenčního pásma

RFID systémy využívají široké spektrum frekvencí, od 100kHz až k 5GHz. Systémy pracují jen zřídka přes tento obrovský frekvenční pás spektra, většina činností je soustředěna v poměrně užších pásmech, které byly k dispozici pro průmyslové činnosti bez licence. Nejčastěji využívané kmitočtové pásma jsou 125/134 kHz, 13,56 MHz, 860-960 MHz a 2,4-2,45 GHz. Podle frekvenčního pásma rozlišujeme čtyři základní pracovní frekvence: LF, HF, UHF, MW [1].



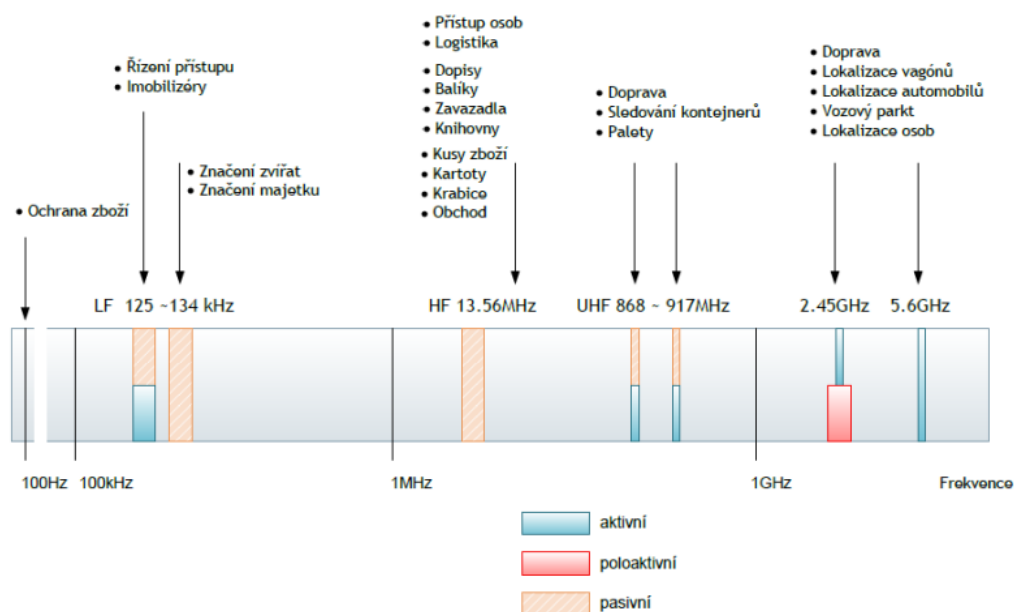
Obr. č. 9 Rozsah frekvencí RFID tagu [1]

Nízkofrekvenční LF (typicky 124 – 135 kHz) – Čtecí dosah pásma až 0,5m. Výhodou pásma LF je, že mají větší odolnost proti rušení, je možné je upevnit v blízkosti tekutin a lze je uchytit na kovovou podložku. Nevýhodou může být malý čtecí dosah a podstatně menší komunikační rychlost. Nízkofrekvenční pásmo lze využít u kontroly přístupu nebo identifikaci zvířat.

Vysokofrekvenční HF (13,56 MHz) – Čtecí vzdálenost pásma dosahuje až do 1m. Výhodou je menší rozměr antény, větší komunikační rychlost a poměrně nízká cena RFID tagu (nejvíce rozšířené). Pásmo HF je navíc celosvětově standardizovaná frekvence. Nevýhodou oproti pásmu LF je rušení komunikace při upevnění na kovové podložce, nebo v blízkosti tekutin, výhodou HF je vyšší čtecí vzdálenost. Tuto frekvenci lze využívat u chytrých karet (Smart Card), bezkontaktního placení, označování zavazadel, nebo při záznamu a přenosu naměřených dat (u aktivních tagů).

Ultrafrekvenční UHF (860 – 960 MHz) – Tato frekvence dosahuje komunikační vzdáleností do cca 10m. Výhodou tohoto pásma je možnost vzdáleného čtení (díky značné čtecí vzdálenosti lze využívat pro identifikaci průjezdem brány), velká přenosová rychlost a levná výroba. Nevýhodou může být obtížné čtení na kovové podložce a přes kapalinu. Těchto frekvencí se hojně využívá při sledování palet ve skladě, sledování toku vratných obalů, jako elektronické mýtné, nebo u parkovacích karet.

Ultrafrekvenční/mikrovlná MW (2,45 GHz) – I přes vyšší frekvenci dosahují vzdálenosti nižší – od 1m do 3m. Mají ovšem velmi vysokou přenosovou rychlost až 2Mb/s a velmi malé rozměry antény – malé tagy. Nevýhodou je složitá a drahá konstrukce a velký vliv rušení. Frekvence MW se používají jako elektrické mýtné, identifikace zavazadel při letecké přepravě, nebo u bezdrátového záznamu a přenosu dat v reálném čase [1], [8].



Obr. č. 10 Využití RFID technologie dle frekvence tagu [20]

2.2. Čtečky

V předchozí části jsme se z oblasti hardware zabývali pouze tagy a nyní se budeme zabývat zařízením k jejich čtení. A to z hlediska funkce, typů a použití.

2.2.1. Funkce čteček

RFID čtečka je zařízení, které vytváří elektromagnetický signál, který je přenášen na RFID tagy prostřednictvím jedné nebo více antén a umožňuje komunikaci s RFID tagy a čte uložený EPC kód. V praxi se čtečky mohou vyskytovat ve fixní podobě jako např. RFID brány, nebo mobilní v podobě RFID mobilních čteček. Mezi základní funkce RFID čtečky patří:

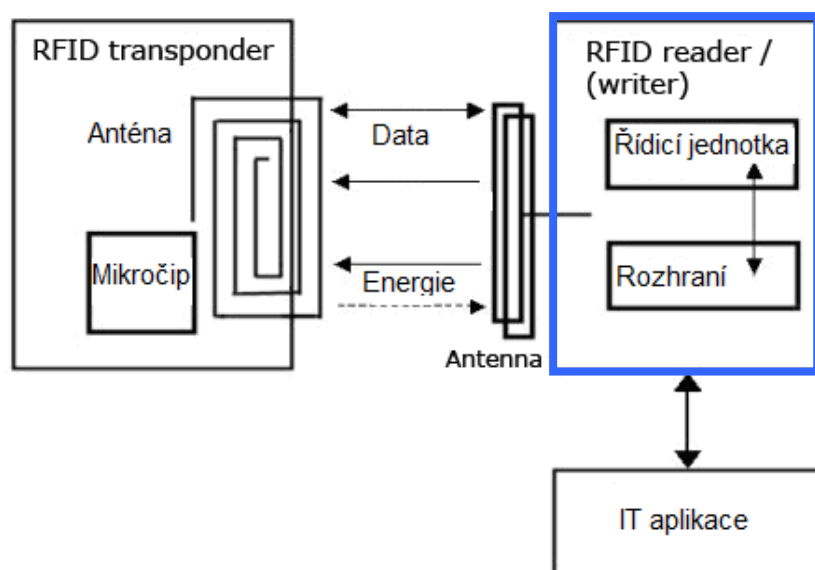
- Načtení dat z RFID tagu.
- Zápis dat do tagu (Read-Write tagy).
- Přenos dat z čtecího zařízení do řídicího počítače.
- Dodávat energii pasivním tagům.

Kromě čtyř základních funkcí, má RFID čtečka schopnost provádět anti-kolizní opatření k zajištění read/write komunikace s mnoha tagy najednou. Dále umožňuje

ověřovat tagy z důvodu eliminace možných podvodů nebo neoprávněnému přístupu k systému, šifrování dat, ochranu integrity dat [7].

2.2.2. Komponenty čtečky

Mezi základní komponenty RFID čtečky patří anténa, která zde může vystupovat jak v podobě externí, tak v podobě integrované, jako je tomu u ručních RFID čteček. Dalším prvkem je rádiové rozhraní, které zprostředkovává modulaci, demulaci, přenos a příjem signálu. Nejdůležitější částí RFID čtečky je řídicí jednotka, která zpracovává data přicházející ze čtecího zařízení (tagu). Díky pomocným obvodům připojeným k mikroprocesoru, je čtečka schopna komunikovat jak s RFID tagy, tak s PC. K přepínání komunikace mezi čtecím zařízením a PC slouží multiplexer, který je ovládán mikroprocesorem. Při provozu je mikroprocesor v řídicí jednotce přednostně připojen na čtecí zařízení a neustále monitoruje jeho výstup [7].

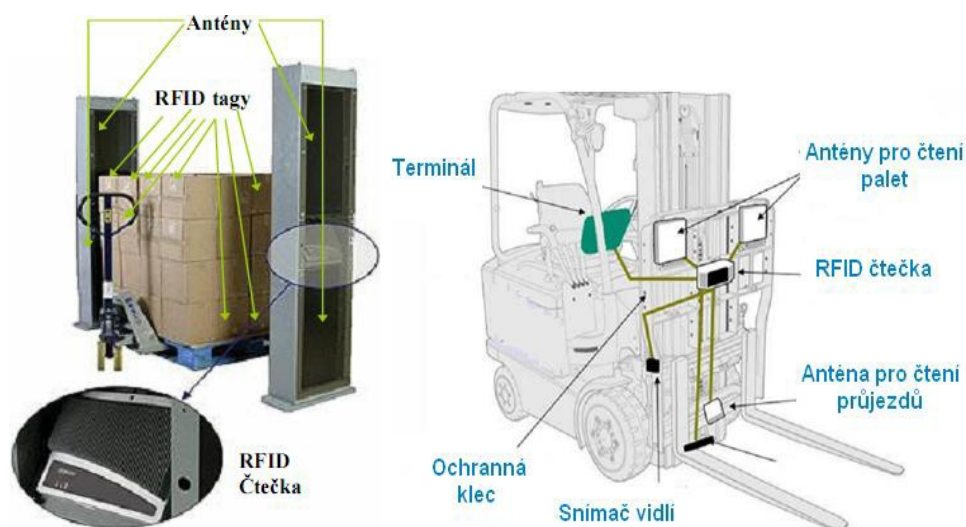


Obr. č. 11 Složení RFID čtečky [8]

2.2.3. Dělení podle tvaru a použití

Stacionární čtečky jsou nepřenosné čtečky, které jsou pevně vestavěné v místě identifikace (vstup/výstup ze skladu, začátek dopravníku, pracovní stůl). Využití těchto čteček je převážně v oblasti třídících tratí, čtecích bran, nebo u vysokozdvizných vozíků,

kde je možné připojit větší množství antén a tím zajistit lepší kvalitu pokrytí čtecího signálu.



Obr. č. 12 Stacionární čtečky [7]

Stolní čtečky vyžadují pro svou funkci připojení k PC a mají oproti stacionárním čtečkám interní anténu. Tyto čtečky umožňují uživateli využívat všech možností RFID technologie.



Obr. č. 13 Stolní čtečky [12]

Mobilní čtečky se používají v prostředí, kdy je vyžadováno on-line připojení s aplikací na serveru. Typickým prostředím využití těchto čteček je řízení skladů či sledování toku výrobků ve výrobním procesu [7].



Obr. č. 14 Mobilní čtečky [24]

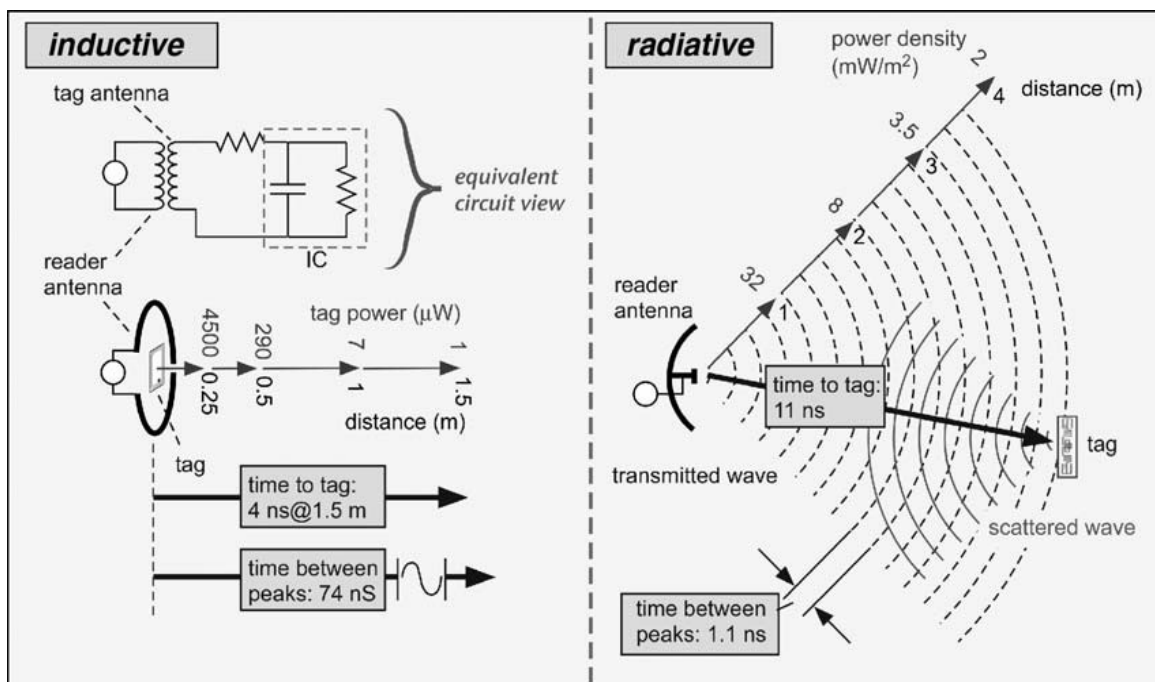
2.3. Antény

Aby mohla RFID čtečka efektivně pracovat v požadovaném čtecím poli, potřebuje určitý zesilovač, který zachytí rádiofrekvenční vlny - RFID anténu. V následující části si popíšeme funkce, princip, rozdělení antén a zaměříme se na určení maximální čtecí vzdálenosti.

2.3.1 Funkce antén

Hlavní funkcí RFID antény je přenášení vysokofrekvenčního signálu ze čtečky do tagu. RFID anténa se také používá pro příjem radiového signálu z tagu pro další zpracování RFID čtečkou. Antény lze podle typu operace rozdělit do dvou základních módů bezdrátové komunikace:

- Indukční vazba (Near-field) – v tomto případě jde o krátký dosah a úzké čtecí pole antény (dosah od 1cm do 1m, využívá se LF (nízké frekvence) nebo HF (High frekvence), indukční spojování)
- Backscatter (Far-field) – v tomto případě jde o delší dosah (až 10m v přímé viditelnosti, využívá se UHF (Ultra High frekvence) a vyšších frekvencí.



Obr. č. 15 Srovnání čtecích vzdáleností magnetické a elektromagnetické antény [1]

RFID antény jsou obvykle umístěny do plastového krytu obdélníkového tvaru. Pouzdro chrání anténu a další potřebné elektronické součástky před poškozením. Kryt také chrání anténu před možným nebezpečím způsobeným životním prostředím, jako je prach.

Jednou z velmi důležitých otázek je umístění antén. Jak obalový materiál samotné antény, tak objekty (položky), které mají být sledovány, mohou ovlivnit schopnost systému RFID v provedení kvalitního a úspěšného načtení dat. U případu klasické nákladní rampy je nejvhodnější umístění antény na každé straně portálu. V aplikaci s vysokozdvižným vozíkem je možné umístit anténu nad bezpečnostní kabinu řidiče. Antény nemusí nutně tvořit speciální bránu, ale je nutné zajistit jejich správné umístění a vhodnou výšku. S tím souvisí i velikost čtecí zóny, která je přímo ovlivněná výškou a umístěním antény [4].

Nejdůležitější funkční vlastností tagu je čtecí rozsah, tedy vzdálenost, na kterou je RFID čtečka schopna zachytit zpětně odražený signál z RFID tagu. Jelikož je citlivost RFID čtečky obecně mnohem vyšší v porovnání s tagem, je čtecí vzdálenost definována odezvou tagu. Čtecí vzdálenost je dále závislá na orientaci tagu, materiálu, kde je tag umístěn a na prostředí, ve které čtení probíhá. Čtecí vzdálenost (read range) r lze vypočítat pomocí vztahu

$$r = \frac{\lambda}{4 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{P_t \cdot G_t \cdot G_r \cdot \tau}{P_{th}}},$$

kde λ je vlnová délka, P_t je výkon dodávaný čtečkou, G_t je zesílení vysílané anténou, G_r je zesílení přijaté z antény RFID tagu, P_{th} je minimální výkon nutný k zajištění dostatečného množství energie pro čip RFID tagu a τ je koeficient přenosu síly daný vztahem

$$\tau = \frac{4 \cdot R_c \cdot R_a}{|Z_c + Z_a|}, 0 \leq r \leq 1,$$

kde $Z_c = R_c + jX_c$ je impedance čipu a $Z_a = R_a + jX_a$ je impedance antény [5].



Obr. č. 16 Ukázka RFID antén [13]

3. Softwarové vybavení

Ve fázi kdy máme správně zapojeny akční komponenty (čtečka, anténa), potřebujeme podpůrný systém, který načtená data zpracuje a přefiltruje. Do systému vstupuje velké množství dat, ale jen malé procento z nich opravdu potřebujeme a využíváme. Tuto úlohu nám zajišťuje tzv. Middleware. Přefiltrovaná data odesílá do databáze (EPCIS), a to vše pod záštitou standardu EPC. V této kapitole se budu zabývat detailním popisem těchto softwarových komponentů.

3.1. Standardy

S postupným zaváděním identifikátorů vznikala potřeba pracovat s přečtenými daty popisujícími daný objekt a zejména sdílet tyto údaje mezi větší množství uživatelů (dodavatelé a odběratelé zboží). Krom toho, díky úspoře místa v paměti čipu, je většina dat souvisejících s identifikovaným objektem uložena v takzvaných BACK-END databázích. Jednotlivé komerční firmy aplikující RFID systém se ovšem setkávali s velkými problémy z hlediska výměny uložených dat mezi jednotlivými uživateli RFID systému. Tato nekonzistence v systému RFID vedla v roce 2003 ke vzniku standardizační organizace EPCglobal (EPC - Electronic Product Code), jako zájmového sdružení firem působících v oblasti RFID [20].

3.1.1. Standard EPC

EPC (Elektronický kód produktu) je standard pro technologii radiofrekvenční identifikace. Jde v podstatě o jedinečné číslo, které slouží k identifikaci konkrétní položky v dodavatelském řetězci. EPC kód je uložený na RFID tagu, který je tvořen křemíkovým čipem a anténou. Jakmile je EPC z tagu načten, může být spojen s údaji v zabezpečené databázi a lze zjistit původ identifikované položky, nebo datum výroby. Stejně jako globální číslo položky (GTIN) u čárových kódů, nebo identifikační číslo vozidla (VIN), tak i EPC je klíč, který obsahuje informace, které jsou využívány v rámci EPCglobal Network. Několik významných maloobchodníků a výrobců testují EPC technologii jako způsob, jak zlepšit a zefektivnit řízení dodavatelského řetězce. Podobně jako VIN na autě je EPC způsob, jak jednoznačně identifikovat palety, balík nebo individuální výrobek. Dalo by se

říci, že jde o další generaci čárového kódu, ale na rozdíl od čárového kódu, který potřebuje přímou viditelnost, EPC tagy využívají rádiové vlny ke čtení produktu a tím umožňují pracovat rychleji a efektivněji [15].

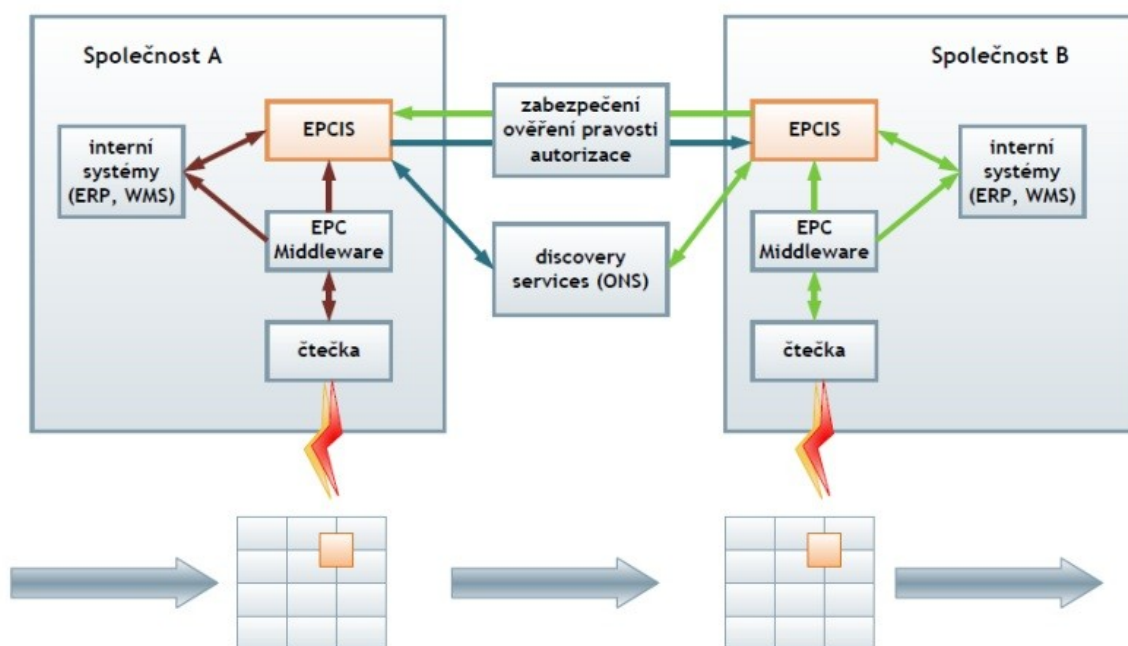
EPC - Electronic Product Code

....	456 2456	68596	0000007456983
------	----------	-------	---------------

- ☐ Záhloví – definuje délku, typ a strukturu kódu
- ☐ EPC Manager – identifikuje konkrétní společnost
- ☐ Object Manager – identifikuje typ položky, druh výrobku
- ☐ Pořadové číslo – identifikuje konkrétní položku v rámci daného typu, druhu

3.1.2. Základní bloky komunikační sítě

Při detekci RFID tagu čtečkou je získaná informace přenesena do serveru **Middleware**, který zpracovává načtená data a má možnost tyto data poskytnout jiným uživatelům. Informace, které jsou nashromážděny v middleware jsou následně přefiltrovány a ukládány do databáze **EPCIS** (Electronic Product Code Information Service). Úkolem EPCIS je vyhledat a ověřit načtený EPC kód v centrální databázi pomocí protokolu **ONS** (Object Name Service). Důležitou součástí komunikačního systému je zabezpečení ověření pravosti autorizace pro přístup k citlivým datům. Na obrázku č.17 můžeme vidět komunikaci mezi dvěma obchodními partnery prostřednictvím EPCIS systému. Objekt označený RFID tagem tedy prochází danou výrobní technologií a na každém předem určeném místě o sobě zanechává důležité informace o tom kdo je a kam míří. Komunikační systémy integrovaných firem pak mohou veškeré údaje o objektu načíst a dále s nimi pracovat [20].



Obr. č. 17 Komunikace mezi dvěma společnostmi [20]

3.2. Middleware

Výběr správných tagů, čteček a určení, kde umístit antény je pouze prvním krokem při budování RFID systému, jelikož identifikace objektů je pouze prvním krokem v jejich celkové správě. Schopnost načtení miliónů tagů, které se pohybují v rámci celého dodavatelského řetězce a vytvoření přidané hodnoty jejich nesoucí informace, je velmi nelehký, ale hlavně velmi důležitý úkol. Jednou z největších výhod RFID middleware je, že standardizuje způsoby řešení při záplavě informací načtených RFID tagů [2].

Základní funkce RFID middleware:

- Možnost komunikace s několika čtečkami různých výrobců s různými protokoly.
- Filtrace a analýza načtených dat.
- Správa načtených dat v databázi.
- Poskytnutí načtených dat dalším aplikacím.



Obr. č. 18 Middleware

Technologie RFID využívá rádiové vlny k identifikaci objektu nebo samostatného jednotlivce (položky). Každému objektu je přiřazeno jednoznačné identifikační číslo EPC, které je uloženo na mikročipu s připojenou anténou a lze jej změnit pomocí čtecího zařízení. RFID middleware přenáší načtená data z čtečky do systému, kde se tyto data zpracovávají. Některé z prvních RFID middleware softwaru byly zaměřeny na základní filtrování dat, koordinaci čtečky a integraci. S rostoucím vývojem RFID technologie rostou i nároky na správu informací, které jsou v middleware shromažďovány. RFID čtečky při načítání tagů (EPC) obvykle poskytují souvislý tok informací o každém tagu. Nejdůležitější otázkou a zároveň informací je, kdy byl daný tag načten a kdy čtecí zónu opustil. Všechny ostatní informace, které jsou čtečkou zachyceny, bývají pro řídicí systém takřka nepodstatné [7], [25].

Díky middlewaru jsme tedy schopni efektivně spravovat získaná data a využívat je pro integraci s firemními aplikacemi. Obohacená informace má v cyklu dodavatelského řetězce nesmírnou cenu a při vzájemném propojení obchodních partnerů i strategickou hodnotu, jelikož umožňuje dodavatelům a výrobním společnostem, aby koordinovaly své zásilky účinněji a efektivně spravovali své produkty.

3.3. EPCIS

EPCIS (EPC Information Services) je nedílnou součástí sítě EPCglobal Network. Jedná se o sadu rozhraní, sloužící k získávání a sdílení informací o produktech označených kódem EPC u konkrétního uživatele, který má zároveň možnost umožnit zpřístupnění těchto údajů ostatním autorizovaným obchodním partnerům. Především se jedná o EPC kód, datum a čas načtení, identifikační údaje RFID čtečky a jeho lokalizaci. EPCIS slouží všem zúčastněným obchodním partnerům pro získání odpovědi na nejdůležitější otázky související s pohybem daného produktu v logistickém řetězci.

Co se týče automobilového průmyslu, je třeba říci, že robustnost logistického řetězce z pohledu obchodních partnerů je značná a každá nekompatibilita v systému velmi problémová a mnohdy i velmi drahá. EPCIS je schopen vysledovat jaký produkt se v danou dobu na daném místě nacházel a hlavně z jakého důvodu. Jde tedy o multi-oborovou normu, která uživatelům nabízí např. možnost spolehlivěji a rychleji sledovat pohyb kontejnerů, zefektivnit nástup nových výrobků na trh, nebo zjistit odkud daný výrobek pochází. Zjednodušeně řečeno nám EPCIS dává odpovědi na otázky: jaký, kdy, kde a proč byl daný objekt načten [16], [19].

4. Potenciál RFID v automobilovém průmyslu

S rychle rostoucím vývojem průmyslu rostly nároky na přesnou identifikaci zboží. Na samotném počátku rozvoje logistického řetězce byly společnosti z hlediska identifikace vlastního zboží zcela závislé na lidském faktoru. Pro identifikaci zboží byly využívány jednoduché samolepící štítky s detailním popisem výrobku. Pracovník byl tedy při kontrole nebo identifikaci zboží zcela odkázán na ruční vyhledávání požadovaného zboží a ručním záznamu do kartotéky, což bylo velmi zdlouhavé a neefektivní. Obrovským převratem v oblasti identifikace zboží se staly čárové kódy.

Čárový kód je opticky strojově čitelnou reprezentací dat, na kterých jsou uvedeny údaje o objektu, ke kterému se vážou. Původně čárové kódy reprezentovaly data pomocí různých šířek a roztečí paralelních čar a mohly být jen lineární neboli jedno-dimenzionální (1D). Později se vyvinuly do obdélníků, teček, šestiúhelníků a dalších geometrických vzorů ve dvou-rozměrném zobrazení (2D). Čárové kódy byly původně skenovány pomocí speciálních optických snímačů tzv. čteček čárových kódů, později skenery a interpretačními softwary [10].

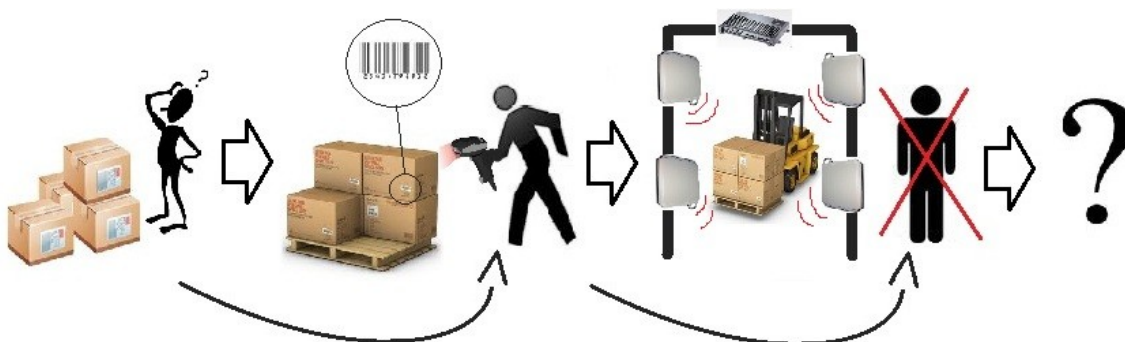


Obr. č. 19 Ukázka čárového kódu 1D a 2D

Čárové kódy přinesly do oblasti průmyslu výraznou změnu ve správě zboží. Jednotlivé kusy zboží byly označeny příslušným čárovým kódem a zavedeny do systému, což zaručovalo neustálý přehled a schopnost operativně řídit proces dodavatelského řetězce. Pracovník už nemusel dohledávat nebo třídit zboží na skladě, stačilo pouze přiložit čtečku a zjistit vše potřebné. V obou případech se ovšem klade obrovská zodpovědnost na lidský faktor, což je jednoznačně důvod pro možné spekulace a chyby.

Nyní se do celkové režie řízení dodavatelského řetězce tlačí zcela nová technologie RFID, která si slibuje velkolepý nástup do oblasti logistických postupů. I přes prvotní finanční náročnost se ceny jednotlivých prvků snižují a RFID technologie je stále blíže

možnosti postupného zavádění a naplnění kompletní infrastruktury dodavatelského řetězce výrobních podniků.



Obr. č. 20 Vývoj identifikační technologie

Jak už bylo řečeno, ve výrobním průmyslu je kladen velký důraz na přesnost a kvalitu výroby. V prostředí, kde figuruje velká řada výrobních technologií, pravidel, metodologií a kontrol, není zcela snadné zaručit stoprocentní průběh. V prostředí bez implementované technologie je kladena velká zodpovědnost na pracovníky, kteří jsou v přímém kontaktu s výrobkem a dohlíží na kvalitu výroby, ať už jde o kontrolory, nebo dělníky.

Pro příklad si vezměme jeden z výrobních cyklů dodavatelského podniku na výrobu nárazníků. Mezi jednotlivými etapami, jsou nárazníky ukládány v mezi-skladových prostorech. Pracovník, který kontroluje nárazníky, může objevit jeden porušený kus a dát jej na reklamaci. Do systému je třeba aktualizovat počet nárazníků a zadat správné sériové číslo nárazníku, který byl reklamován, aby nedošlo k záměně a případným systémovým neshodám. Podle Smitha a Offodile je chybovost způsobena lidským faktorem při zadávání dat 1:300 přičemž Williamse tvrdí, že chybovost značně vzroste při použití vstupního terminálu (klávesnice) a dosahuje až 1 chyby z 250-ti případů. Podle Smitha a Offodile je chybovost při snímání čárovým kódem někde mezi 1:394 000 až 1:5 400 000. Williams uvádí, že RF-identifikační systémy jsou pozoruhodně přesné, často dosahující míry chyb lepší než jedné v každém 10 000 000, některé systémy byly schopny prokázat chybovost lepší než 1:800 milionů [3].

Předpokládejme tedy, že chyba způsobená lidským faktorem při ruční aktualizaci dat bude v jednom ze 300 kusů, při použití čárových kódů v jednom z 394 000 kusů a chybovost při použití RFID technologie v jednom z 2 500 000 kusů. Závod má denní výrobní kapacitu 2 milióny kusů. Výrobky procházejí výrobním cyklem a během něj jsou

v pěti mezi-skladových prostorech kontrolovány a aktualizovány. Vytvoříme si tedy případový model, který je dán vztahem

$$Y_n = Y_{n-1} - (Y_o * \varepsilon_n) \cdot \left(\frac{Y_{n-1}}{Y_o} \right) = Y_{n-1} - (\varepsilon_n * Y_{n-1})$$

Y_o ...počet kusů vstupujících do výroby

ε_n ...míra chybovosti v kontrole n

Příklad výpočtu správně zadaných výrobků:

Ruční zadávání:

$$Y_1 == Y_o - (\varepsilon_n * Y_o)$$

$$Y_1 == 2000000 - \left(\frac{1}{300} * 2000000 \right)$$

$$Y_1 = 1993333 \text{ kusů}$$

Využití čárových kódů

$$Y_1 == Y_o - (\varepsilon_n * Y_o)$$

$$Y_1 == 2000000 - \left(\frac{1}{394000} * 2000000 \right)$$

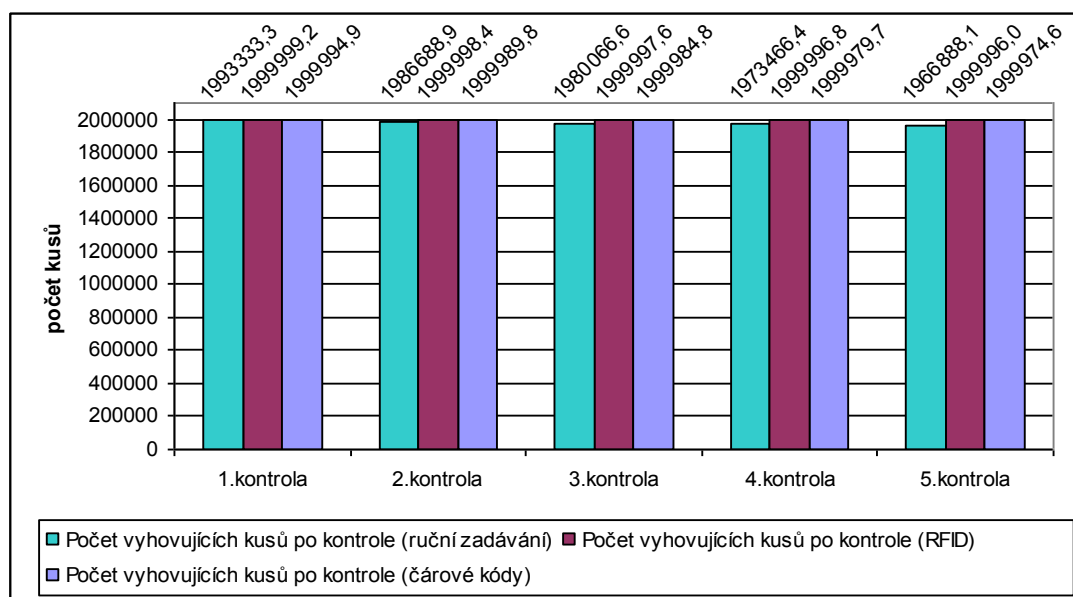
$$Y_1 = 1999995 \text{ kusů}$$

Využití RFID technologie:

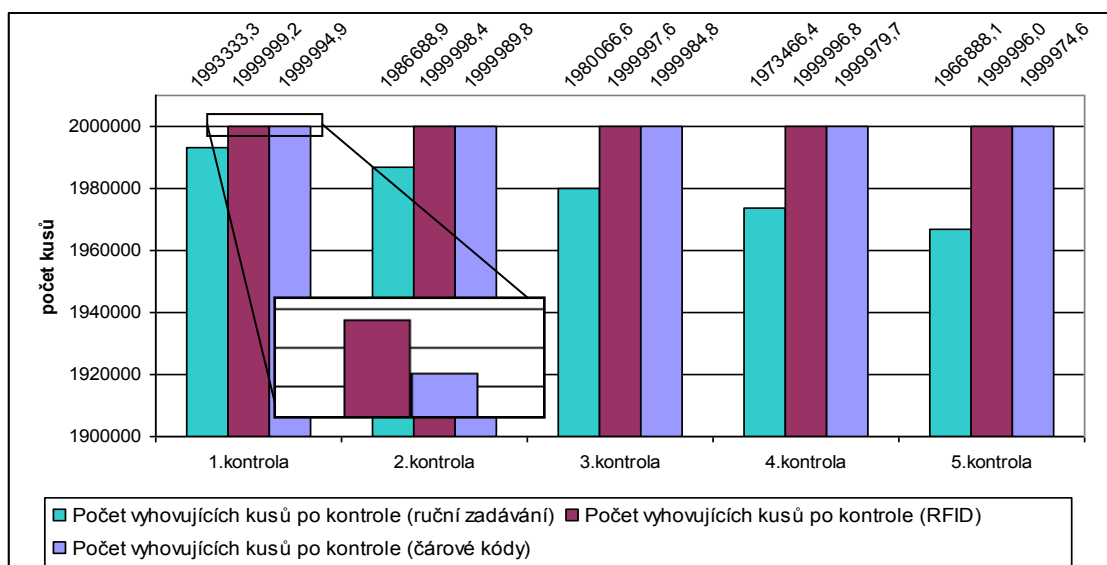
$$Y_1 == Y_o - (\varepsilon_n * Y_o)$$

$$Y_1 == 2000000 - \left(\frac{1}{2500000} * 2000000 \right)$$

$$Y_1 = 1999999 \text{ kusů}$$

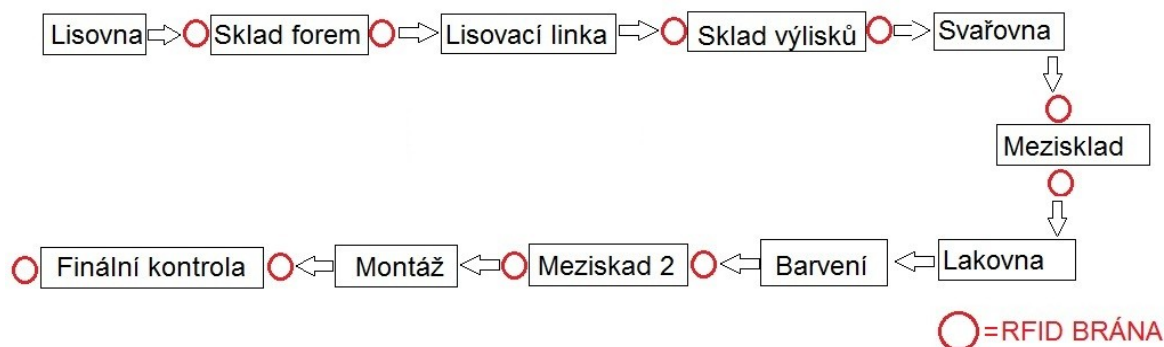


Obr. č. 21 Graf počtu správně aktualizovaných kusů



Obr. č. 22 Přiblížení grafu počtu správně aktualizovaných kusů

Z grafu je patrné, jak velký přínos v oblasti identifikační technologie měly čárové kódy a nastupující RFID. Jakákoliv chyba v řízení výrobních technologií může být velmi drahou záležitostí. Prvořadým cílem je minimalizovat ztráty způsobené lidským faktorem a vyvinout co největší procentuální jistotu v oblasti automatizovaného zadávání.



Obr. č. 23 Řízení výrobního toku s využitím RFID bran

4.1. Identifikace čárovými kódy v automobilovém průmyslu

Technologie čárových kódů se velmi rozšířila v prostředí maloobchodní sféry, kde získala obrovský potenciál. Tato převratná technologie se dostala i do oblasti automobilového průmyslu, kde slavila velkolepý nástup. Čárové kódy se staly nedílnou součástí, zajišťovaly účinný a efektivní způsob, jak spravovat výrobky ve všech fázích

dodavatelského řetězce, což byl jeden ze závažných problémů v oblasti automobilového průmyslu a průmyslu vůbec. Neustálá kontrola počtu dílů, součástek a samotného automobilu urychluje proces dodávky výrobku pro své koncové uživatele. Velkou výhodou pro automobilky bylo přesné a rychlé sledování zásob, což vedlo k daleko větší elasticitě poptávky a celkové správy výrobního segmentu.

4.1.1. Identifikace čárovými kódy u subdodavatelů

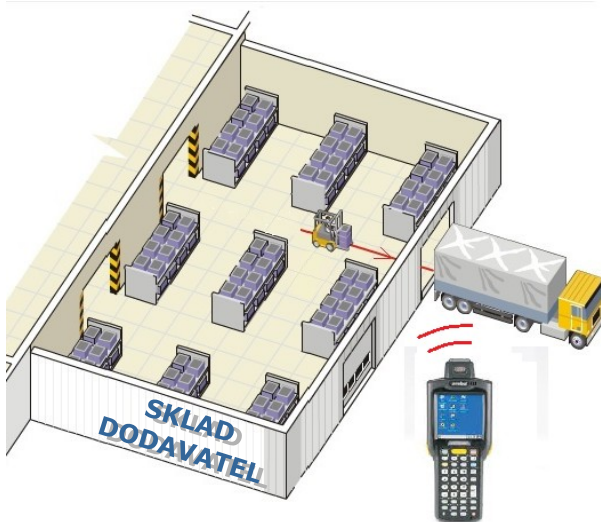
Díky konzultaci se zástupcem dodavatelské firmy jsem mohl část identifikace čárovými kódy zpracovat přehledně a profesionálně.

Při výrobě dílčích dílů se klade velký důraz na množství, přesnost a kvalitu. Identifikace zpravidla probíhá až při finálním dokončení výrobku. Po dokončení všech výrobních fází výrobku je výrobek kontrolován a verifikován příslušnými systémy. Při kladném dokončení kontrolního procesu systém vytiskne příslušnému výrobku čárový kód. Pracovník nalepí čárový kód na stanoveném místě na výrobek a umístí do krabice. Po naplnění krabice požadovaným počtem kusů systém vytiskne čárový kód, který obsahuje informace o obsahu dané krabice a zároveň slouží k jednodušší identifikaci výrobků. Označená krabice je umísťována na paletu. Při naplnění požadovaného počtu krabic na paletě systém vytiskne čárový kód, který pracovník nalepí na požadované místo na paletě. Jak je z popisu zřejmé, celý proces identifikace je založen na principu generalizace. Po naplnění a označení palety, je paleta převezena a umístěna do podnikového skladu. Pracovník skladu načte paletu pomocí ruční čtečky čárových kódů do systému.



Obr. č. 24 Uskladnění palet a načtení do systému [9]

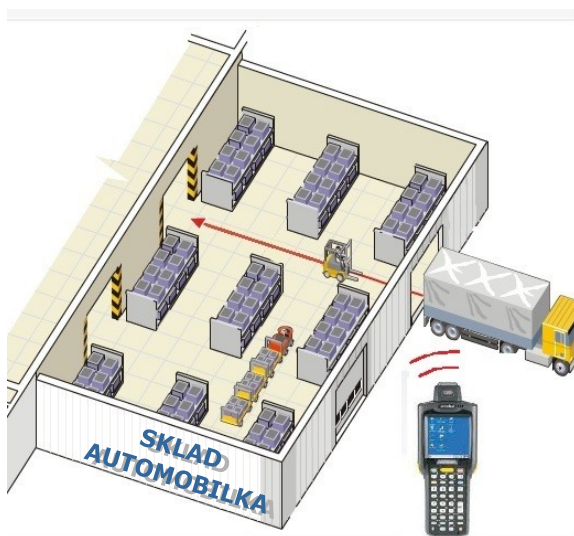
Při objednávce probíhá vychystávání jednotlivých palet a opětovné načtení čárových kódů na jednotlivých paletách pracovníkem skladu. Tento krok slouží k zavedení expedovaných palet do systému a vystavení tzv. expedičního listu.



Obr. č. 25 Expedice v případě čárových kódů

4.1.2. Identifikace čárovými kódy u výrobce

Výrobci automobilů si objednávají jednotlivé dílčí díly u svých subdodavatelů. Při dokončení objednávky je od subdodavatele vyexpedovaná zásilka načtena do systému a odeslána dané automobilce. Příslušný pracovník ve skladu načte jednotlivé palety do systému, čímž ověří správnost a úplnost objednávky. Při samotné výrobě automobilu je automobilka samočinná ve výrobě karoserií. Po dokončení vlastní výroby jsou výrobky opět označeny čárovými kódy pro plnou identifikaci.



Obr. č. 26 Naskladnění v případě čárových kódů

Struktura celého automobilu sestává z jednotlivých dílčích dílů, které jsou danými dodavateli vyráběny (pneumatiky, volant, sedačky, kondenzátor, atd.). Pomocí čárových kódů, které jsou umístěny na všech výrobcích potřebných k plné sestavě automobilu, lze přesně definovat a vychystat daný počet a druh výrobku potřebný pro daný automobil. Tento způsob výroby zajišťuje rychlou a zaručenou formu technologické spolupráce, jelikož se vyhneme nepříznivým prostojům a chybám.

4.1.3. Identifikace čárovými kódy u distributora

U distributora probíhá ověření automobilu načtením čárového kódu vozidla, kterým distributor ověří, zda je daná zásilka v pořádku. Z hlediska ověření jednotlivých dílů zde nedochází k žádné detailní kontrole, což může mít zásadní vliv na problematiku reklamačních podmínek.

4.2. Identifikace pomocí RFID v automobilovém průmyslu

RFID technologie patří mezi klíčové technologie v automobilovém průmyslu a hraje důležitou roli v takových oblastech, jako je kvalita kontroly produktu, sledování polohy a pohybu a ochrany proti pirátství výrobků. Díky RFID mohou být složité procesy automatizovány a výrobky sledovány v celé fázi dodavatelského řetězce. Kromě toho, RFID zkracuje vývoj a výrobní cykly, vytváří transparentnost napříč hodnotovým řetězcem a dosahuje úspor.

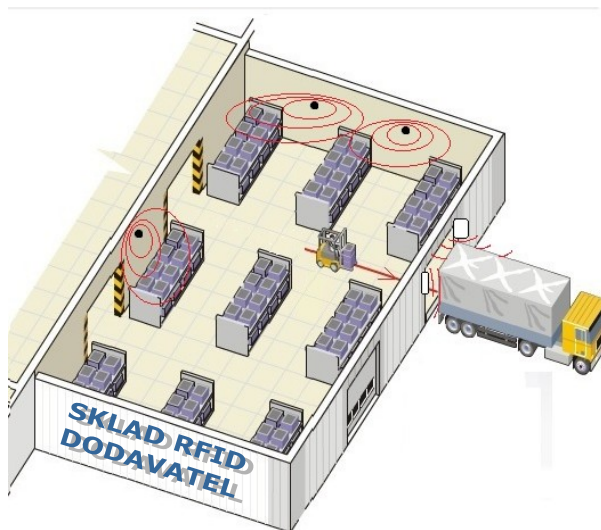
Neustálý vývoj a globální rozvoj technologie je otázkou pro mnohé dodavatele, kteří se musí připravit na případnou obměnu svých zarytých metodologií. Výrobce se může kdykoli rozhodnout pro novou identifikační technologii a požadovat kompatibilitu dodavatele a pokud chce dodavatel stále zaujímat věrnou pozici obchodního partnera, musí rychle a rázně přehodnotit veškerá stanoviska.

4.2.1. Identifikace RFID u subdodavatelů

Hlavní a výraznou výhodou oproti identifikaci pomocí čárového kódu je možnost identifikace polotovaru, tedy možnost identifikovat výrobek na samotném počátku jeho

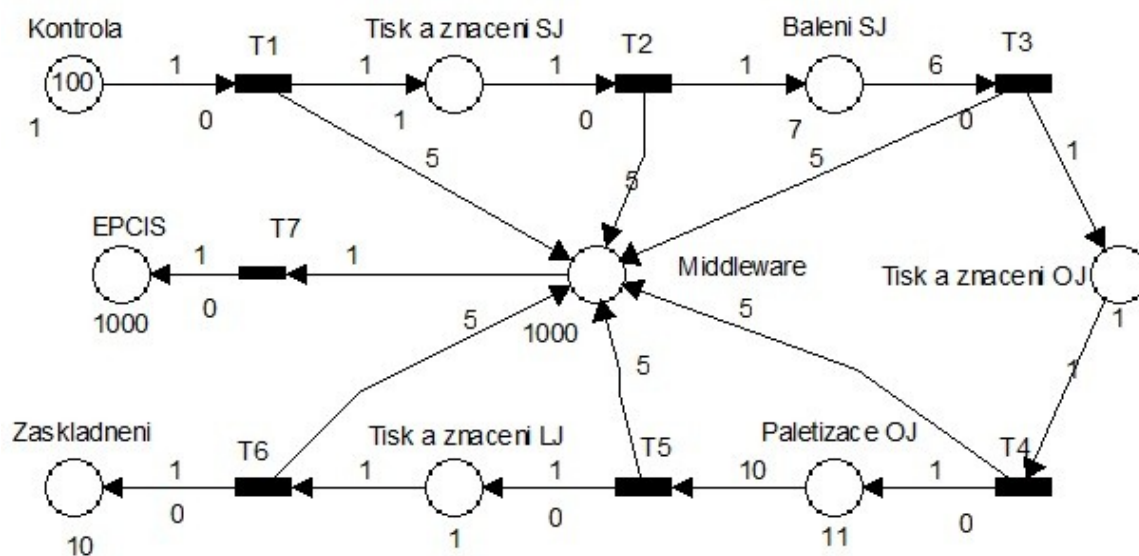
výrobního cyklu. Tento postup je zaručen díky odolnosti RFID tagu proti vnějším vlivům (mechanické, teplotní), samozřejmě do přijatelné míry. Volba tagu je dále závislá na prostředí, ve kterém se bude výrobek vyrábět a technologií, kterou bude muset výrobek během svého vývoje projít. Jednoznačnou výhodou oproti identifikaci čárovým kódem je tedy možnost ukládání informací již při zahájení výrobního cyklu. Do tagu jsme tedy schopni ukládat informace o tom, v jakém prostředí se výrobek v daný čas nacházel, kdo výrobek obsluhoval, nebo zda prošel všemi fázemi výrobního cyklu. Jak je z tohoto popisu patrné, jsme schopni realizovat velkou škálu praktického využití informací, které jsou v tagu uloženy.

Dalším podstatným rozdílem oproti identifikaci čárovým kódem je možnost automatizovaného způsobu identifikace. Již při zahájení výrobního cyklu bude na polotovar natisknut RFID tag, čímž se zbavíme potřeby pozdějšího identifikačního procesu závislého na lidském faktoru. Po dokončení celého výrobního procesu bude výrobek připraven k finální kontrole, RFID čtečka načte výrobek, ověří, zda prošel všemi fázemi výrobního cyklu a zda vyhovuje všem parametrům. Po dokončení kontroly bude výrobek uložen do krabice, která bude po celkovém naplnění opět označena RFID tagem. Krabice budou ukládány na příslušnou paletu. Tato fáze balení je shodná pro oba typy identifikace. Po naplnění palety do konečného počtu bude paleta označena RFID tagem zpravidla na dvou místech (protilehlých rohů). Pomocí vysokozdvizného vozíku bude paleta převezena do podnikového skladu, kde bude vstupní branou, popřípadě zabudovanou RFID čtečkou umístěnou na čele vysokozdvizného vozíku, automaticky načtena do systému. Systém tedy zaznamená příslušnou paletu s příslušnými krabicemi s danými výrobky.



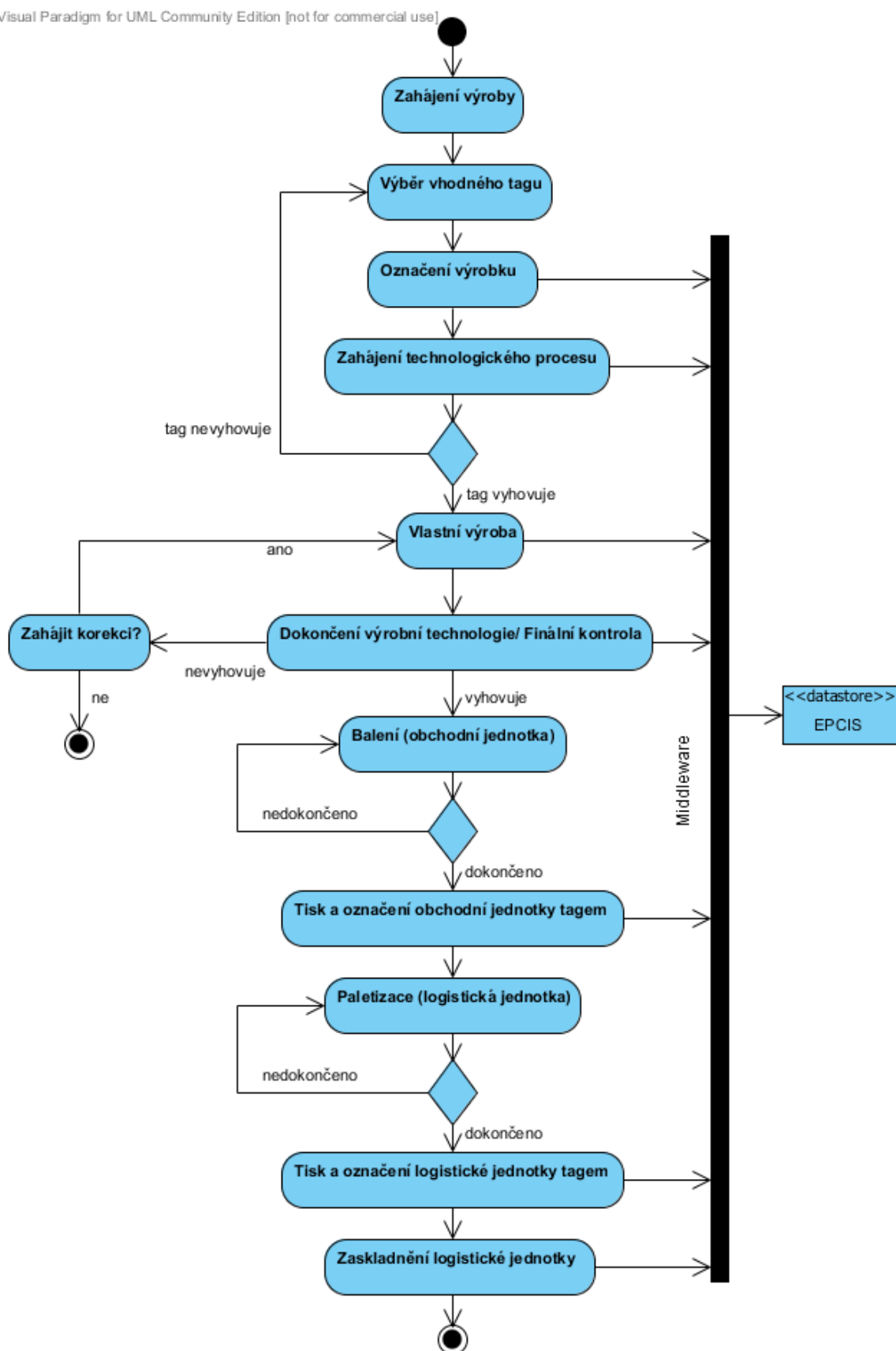
Obr. č. 27 RFID systém u dodavatele

Při objednávce budou palety jednoduše expedovány skrze tzv. expediční RFID brány, které automaticky načtou příslušné palety do systému. Systém tedy zaznamená, které palety a kam jsou expedovány a vystaví příslušnou objednávku se všemi potřebnými informacemi, kterou automaticky odešle příjemci, v našem případě příslušné automobilce. Celá tato operace probíhá zcela automatizovaně, což je z hlediska průmyslového použití základním předpokladem efektivního a bezobslužného sledování výroby, řízení kvality, ale i zajištění minimální chybovosti. Výstupy této části jsem se rozhodl zpracovat pomocí procesního diagramu, který popisuje použití RFID systému v prostředí subdodavatelské výrobní firmy.



Obr. č. 28 Simulace RF identifikace výrobků u subdodavatele pomocí Petriho sítí

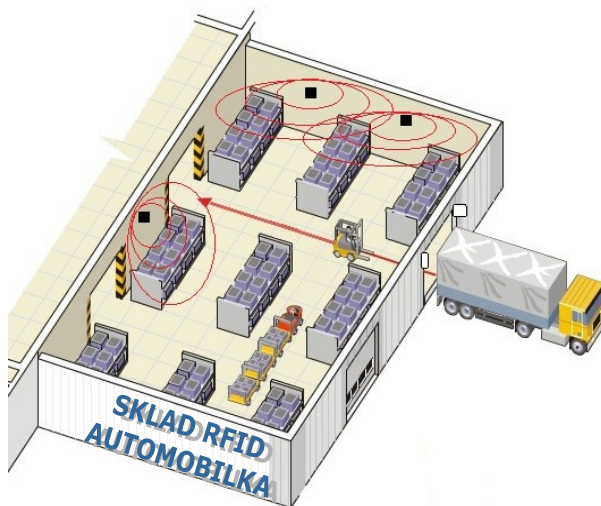
Visual Paradigm for UML Community Edition [not for commercial use]



Obr. č. 29 Aktivitní diagram výroby u subdodavatele s RFID

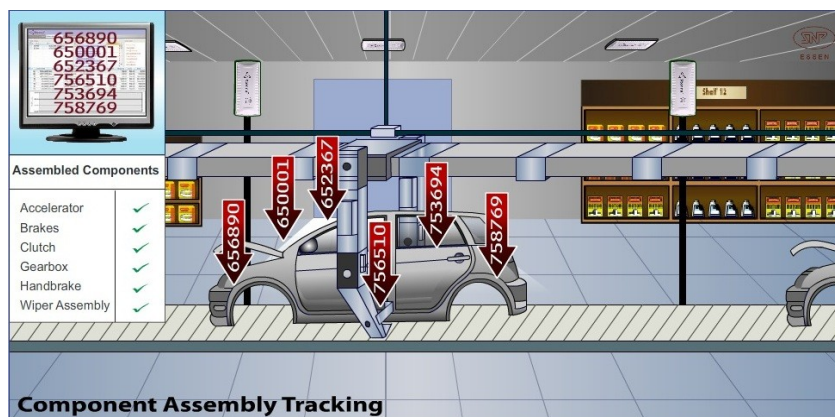
4.2.2. Identifikace RFID u výrobce

V případě přejímky dané objednávky od subdodavatele probíhá naskladnění opět prostřednictvím vstupní RFID brány. Celý proces identifikace tedy probíhá opět zcela automatizovaně. Informace jsou zaváděny do systému a automaticky kontrolovány s objednávkovým listem, který byl od daného dodavatele přijat.



Obr. č. 30 Naskladnění v případě RFID

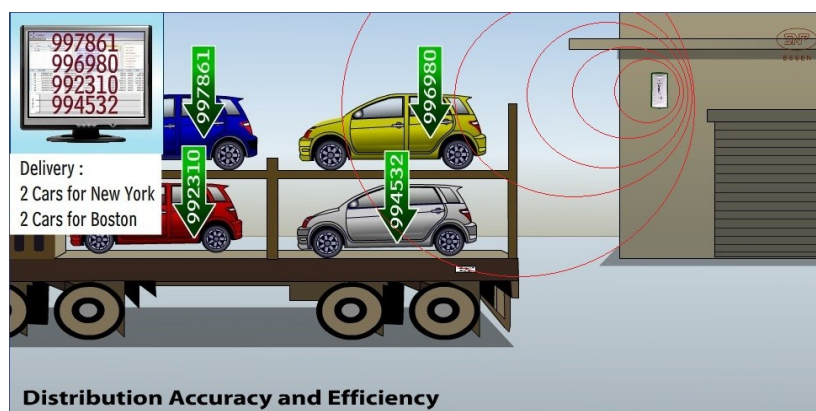
V případě vlastní výroby dílů (zpravidla karoserie) probíhá jejich identifikace přímo v závodě, kdy je RFID tag umístěn na výlisek hned po jeho vyrobení. Každá vyrobená a svařená karosérie je označena RFID tagem pro přesnou identifikaci daného vozu. Prvním jednoznačným předpokladem při využití technologie RFID je funkční rozmístění dostatečného počtu RFID antén do jednotlivých částí výrobního závodu. Při samotné montáži jednotlivých dílů je karosérie po páse přivezena do části s RFID anténou, kde je načtena do systému.



Obr. č. 31 Kontrola dílů v karoserii

Do systému jsou ukládány informace o všech dílech, které jsou do dané karoserie namontovány, ale také od jakého dodavatele dané díly jsou a v jaký časový okamžik montáž proběhla. Po dokončení (zkompletování) celé sestavy je automobil připraven k finální kontrole, kde je anténou načten stav jednotlivých dílů dané karoserie (Obr. č. 31). Po úspěšném dokončení finální kontroly je automobil převezen na skladové parkoviště (sklad), kde je uskladněno (zaparkováno).

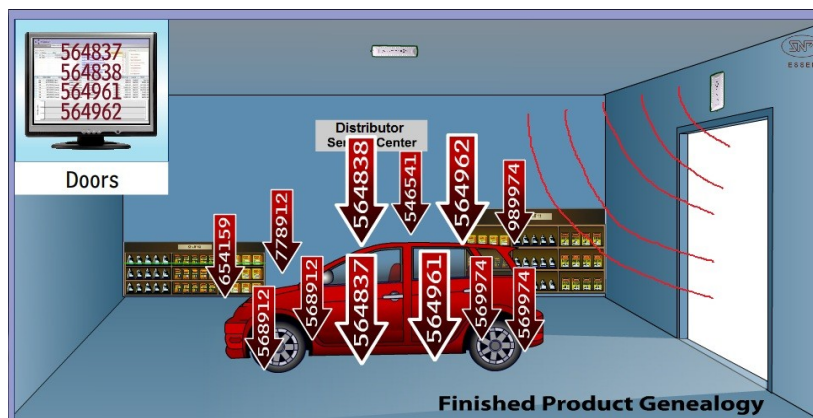
Při expedici jsou dané vozy naváženy skrze RFID anténu, čímž je do systému zaváděna informace o tom, které vozidla opustily parkoviště, respektive, které vozy jsou expedovány.



Obr. č. 32 Expedice v případě RFID

4.2.3. Identifikace RFID u distributora

Vozidlo je po přijetí načteno do systému pomocí vstupní RFID antény. Systém ověří, zda se jedná o správnou karoserii, respektive správný automobil. Podle celkového průvodního dokumentu celé sestavy systém ověří všechny díly a součástky v dané karoserii pro úplné dokončení a odsouhlasení objednávky.



Obr. č. 33 Ověření vozidla distributorem

4.3. Vyhodnocení RFID vs. Čárové kódy

V případě využití identifikační technologie v oblasti automobilového průmyslu je dle srovnání možnost zcela jasná. RFID technologie je bezpochyby jednoznačným nástupcem čárových kódů. I přes mnohá úskalí v případě obou typů je technologie RFID z pohledu praktického, automatizovaného i časového v jasném předstihu. Čárové kódy jsou však stále nejvyužívanějším prvkem pro identifikaci objektu. Zavést nový systém do podniku, který již řadu let pracuje s čárovými kódy, není nikterak levná záležitost, a to především v oblasti automobilového průmyslu, který patří k nejrozšířenějším.

I přes obrovský potenciál RFID je na identifikaci čárovými kódy stále nahlíženo jako na prvořadou identifikační technologii.

RFID	vs.	Čárové kódy
Vysoká paměť, čtení i zápis	Paměť	Menší paměť (výjimka 2D), jen čtení
Bezkontaktní, není třeba dohled, možnost hromadného čtení	Zachycení	Pouze viditelné kódy
Ceny tagu 0,40-1,00 €	Náklady	Označování zboží 0,025-0,075 €
Kov a kapalina	Poruchy	Nečistota a poškrábání
Multifunkční (EAS a identifikace)	Aplikace	Identifikace
Standard EPC	Standardy	Globální standard EAN

4.3.1 SWOT analýza RFID

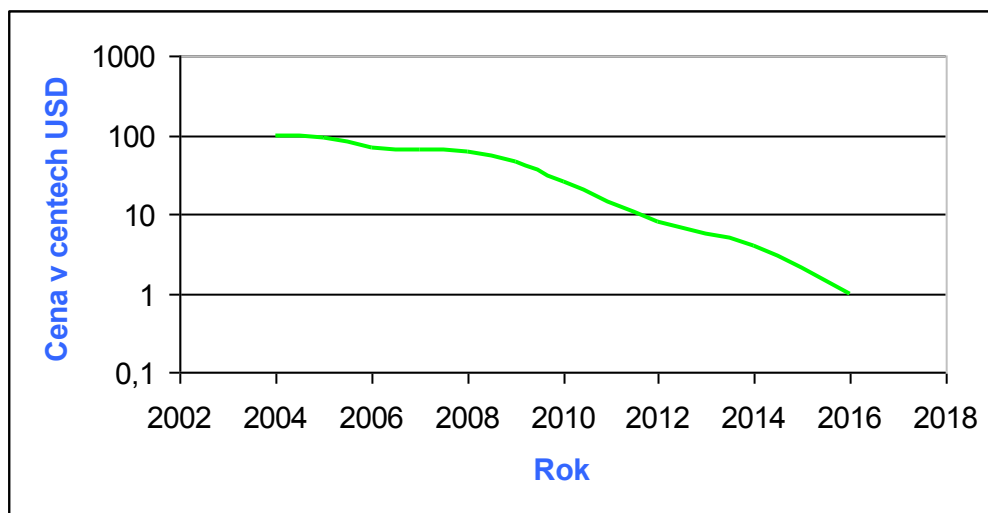
Silné stránky	Slabé stránky
<ul style="list-style-type: none"> ➊ Není nutná přímá viditelnost RFID tagu ➋ Odolnost RFID tagu ➌ Dlouhá čtecí vzdálenost ➍ Přenosná databáze ➎ Snížení nákladů na obsluhu (kontrola) ➏ Možnost opakovaného použití tagů ➐ Vícenásobné čtení a zápis v jednom časovém okamžiku ➑ Redukce zásob a ztrát ➒ Větší úložný prostor (velké množství praktického využití informací) ➓ Sledování výrobků v reálném čase ➔ Komplexnější marketing ➕ Zvýšení kvality a rychlosti produkce ➖ Zaručená ochrana majetnických práv ➗ Práce s dynamickými daty 	<ul style="list-style-type: none"> ➊ Vysoká pořizovací cena ➋ Mrtvé zóny ➌ Nebezpečí načtení nežádoucích položek (v podniku) ➍ Bezpečnost citlivých dat ➎ Snížená kvalita čtení tagu, který je umístěn na kovu nebo v kapalině ➏ Náchylnost k poškození ➐ Nebezpečí načtení kódu na dálku (únik informací) ➑ Implementace systému RFID ➒ Velké množství aktivních komponentů (náklady na údržbu systému) ➓ Dohledatelnost produktů ➔ Prolomení soukromí (vysledování výrobních technologií) ➕ Výkonnost systému (robustnost dat v jednom časovém okamžiku) ➖ Nedůvěra zákazníků (ekonomický dopad)
Příležitosti	Hrozby
<ul style="list-style-type: none"> ➊ Rozšíření do globální infrastruktury ➋ Návratnost investic (snížení nákladu na jednotlivé technologické operace) ➌ Stopování kradených automobilů ➍ Plnohodnotný monitoring ➎ Rozšíření open-loop systémů ➏ Zvýšení bezpečnosti označených komponentů i celku ➐ Plnohodnotná realizace Just in time ➑ Možná konkurenční výhoda ➒ Snížení počtu zmetků ➓ S postupným rozšiřováním zvýšení počtu zákazníků 	<ul style="list-style-type: none"> ➊ Možná negativní publicita ➋ Nedůvěra zákazníků (ztráty osobních údajů, citlivých dat) ➌ Pesimistický přístup ze strany obchodních partnerů ➍ Nekompletní implementace dodavatelů ➎ Napadení citlivých dat konkurencí ➏ Potřeba specifitějších standardů v oblasti automobilového průmyslu ➐ Softwarové ohrožení – viry ➑ Rostoucí vývoj způsobí problémy s dostupností technologie

I když se technologie RFID a možný budoucí nástupce čárových kódů zdá jako jednoznačná volba, myslím, že jednoznačnost není zrovna příhodné přirovnání. V celkovém rozhledu zde panuje velké množství neobjasněných otázek a hlavně neustálého vývoje a zdokonalování RFID systému. I přes velké množství inovací a zefektivnění se setkáváme s velkou řadou nevyřešených problémů a hrozeb.

Důležitou otázkou je zapojení technologie RFID do automobilového průmyslu, do prostředí, které je tak silně spojeno s kovovou výrobou. Jak efektivní bude snímání uskladněných obchodních jednotek plných kovových kondenzátorů? Vše se odvíjí od kvality vytvořené implementace celého systému RFID v oblasti výrobního prostředí. Důležitým předpokladem je vhodné rozmístění a samotná volba RFID antén pro dostačující snímatelný rozsah. Každá překážka se dá technologicky vyřešit a plnohodnotný smysl fungování RFID systému může být zachován.

4.4. Potenciál RFID v automobilovém průmyslu

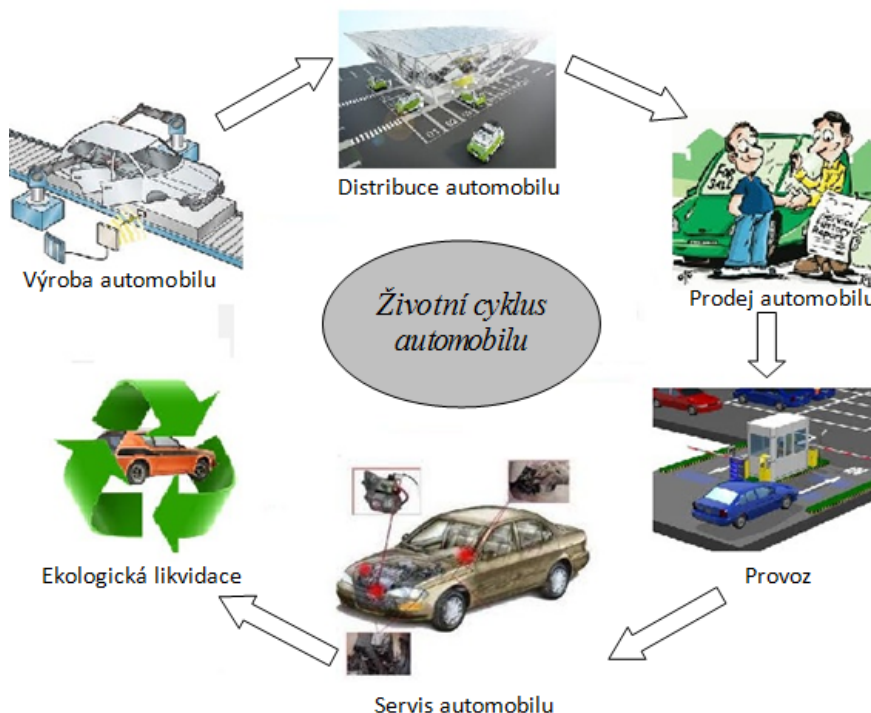
Postupem času se stupňuje myšlenka zavádění RFID technologie do logistických řetězců. Cenové relace RFID tagů se dostala do přijatelných mezí a nastává otázka výhodnosti a budoucí návratnosti dané technologie.



Obr. č. 34 Vývoj ceny tagu [30]

V oblasti automobilového průmyslu má tato technologie nespočet radikálních inovací, která dokáží zefektivnit výrobu a správu dat. Sdílení informací a zavedení jednotného standardu je předpoklad pro maximalizaci využitelnosti informací, které jsou v celém dodavatelském řetězci obsaženy a poskytovány. Zcela nové příležitosti jsou

otevřeny i v oblasti technické podpory a servis náhradních dílů. Například historie oprav, informace o šarži, původ částí nebo doplňujících informací, které se ukládají na štítku RFID.



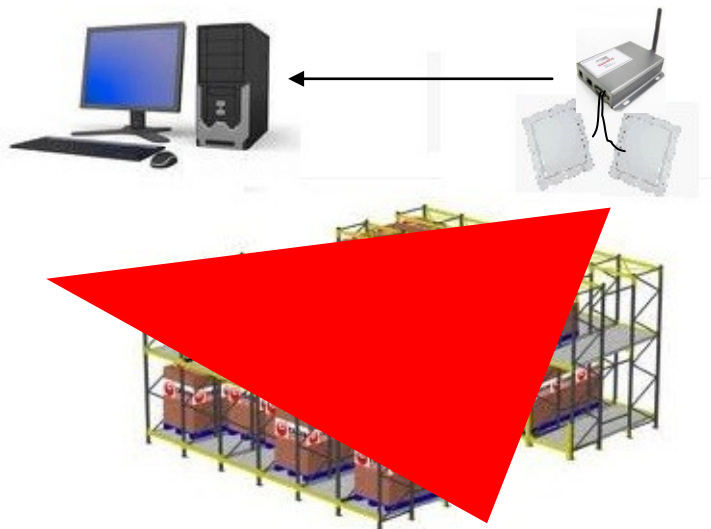
Obr. č. 35 Životní cyklus automobilu

4.4.1. Výroba

Jedna ze závažných otázek v oblasti dodavatelského řetězce, a tedy celkové logistiky je plánování zásob. Velikost jednotlivých zakázek je závislá na velikosti dodavatelského řetězce, na potřebách zákazníka. Tato skutečnost vyžaduje v praxi značnou flexibilitu dodavatele a schopnost přizpůsobit se změnám v objednávce. Řešení stávajícího systému je založeno na přebytných skladových zásobách, což není problém pouze v oblasti automobilového průmyslu. Takto fungující dodavatelské řetězce vyžadují účinné a spolehlivé plánovací systémy.

Technologie RFID vnáší do tohoto problému zcela nový úhel pohledu. Díky schopnosti automatického skenování RFID tagu lze využívat RFID technologii pro automatickou kontrolu skladových zásob, která bude rychlejší a spolehlivější (Obr. č. 36). V případě snížení zásob skladu na minimální přípustnou hodnotu systém upozorní na úbytek

a automaticky doobjedná zboží, aby bylo naplněno maximální nebo jen potřebné množství. RFID systém tedy zaručí stálou dostupnost výrobního materiálu a dílů, čímž zcela eliminuje nežádoucí vznik prostoje.



Obr. č. 36 Kontrola skladových zásob

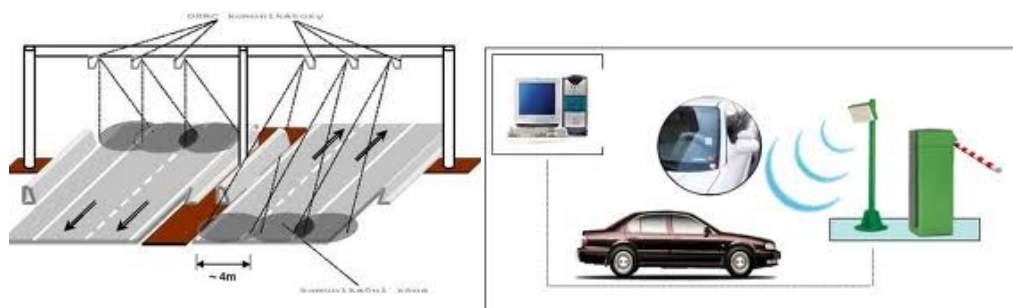
V oblasti automobilového průmyslu se setkáváme s obrovským množstvím dílů a součástek, které se později dále zpracovávají a nakonec montují do cílové karoserie. Jejich dokonalá znalost je předpokladem pro zkrácení nepříznivých prostoje a chyb. Nesprávně nakonfigurovaná a sestavená vozidla musí být opravena nebo zcela vyřazena z provozu, což je neefektivní a drahé. Technologie RFID může usnadnit identifikaci dílů, které mohou být pomíchány nebo zaměněny.

4.4.2. Distribuce a Prodej

Koncový uživatel je nejdůležitější v celém systému logistického řetězce a znalost jeho potřeb je předpoklad pro budoucí rozvoj. Čím větší je interakce se zákazníkem, tím lepší je schopnost porozumět jeho potřebám. Důležitým předpokladem pro zaručení spokojenosti zákazníka je schopnost dodržení dodací lhůty vozidla zákazníkovi. Technologie RFID je schopna přesně určit kde se dané vozidlo v logistickém řetězci nachází a tím snadno koordinovat jeho postup až ke koncovému uživateli. Samotné vozidlo je sestaveno z dílů a součástek označených RFID tagy. Detailní znalost celého vozidla je dalším krokem k lepšímu poznání potřeb zákazníka. Výrobce automobilu bude mít uloženy veškeré konfigurační údaje o stavu prodaného vozidla, včetně informací o zákazníkovi.

4.4.3. Provoz

Díky technologii RFID bude automatizovaná nejen výroba automobilu, ale také činnosti realizované při běžném provozu. Od výrobce obdržíme vstupní čipovou kartu jakožto imobilizér a primární vstupní kód, který si uživatel změní dle vlastní volby. Díky čipové kartě bude moci uživatel manipulovat s různými funkcemi automobilu pomocí integrovaného systému automobilu. Uživatel si bude moci na každém certifikovaném servise pomocí karty zjistit vše o svém automobilu. Díky technologii RFID lze zajistit automatické sledování elektronického mýtného, při parkování lze zjistit, zda jsou volné místa na parkování a kde se místa nacházejí s opětovnou informací o místě stání.



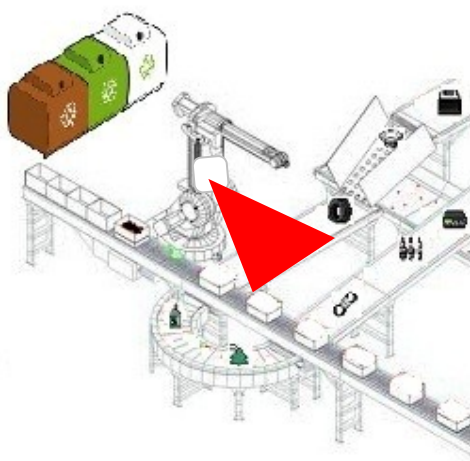
Obr. č. 37 Elektronické mýtné a parkování s RFID [32]

4.4.4. Údržba

Informace by byly v systému uloženy po celou dobu životnosti automobilu, což nabízí možnost výrobce lépe a efektivněji podporovat samotnou údržbu. Nové a budoucí vozidla budou obsahovat velkou řadu elektronických dílů, které je třeba nakonfigurovat individuálně pro konkrétní konfiguraci. Při údržbě vozidla budou díly označené RFID tagem automaticky navedeny do systému. Systém bude tedy evidovat typ údržby, datum, cílový stav dané součástky a mnoho dalších informací důležitých pro budoucí plnění údržby. Navíc by systém evidoval, ve kterém servise byla údržba vozu provedena a který pracovník ji prováděl. Z celkového dojmu je tedy patrné, že tato technologie vede k vysoké bezpečnosti a dokonalé spolupráci všech zúčastněných stran. Navíc bude zajištěna bezpečnost poskytovaných náhradních dílů proti krádeži. Jistota zákazníku je prvořadým cílem všech výrobců [14].

4.4.5. Ekologická likvidace

Při likvidaci automobilu se bude využívat RFID třídících robotů, kteří díky RFID tagům umístěným na jednotlivých dílech přerozdělí každý díl do příslušného kontejneru, což bude velmi rychlá a spolehlivá forma ekologické likvidace automobilu. Na třídící robot bude instalovaná čtečka s anténou. Snímací rozsah bude nastaven na požadované hodnotě tak, aby při snímání nedošlo k zachycení většího počtu tagů.



Obr. č. 38 Ekologická likvidace automobilu (RFID třídící systém)

5. Aplikace systému standardizovaného zpracování dat

Již v předchozích kapitolách jsme si řekli vše o komponentech systému RFID i o softwarech potřebných k jejich plnohodnotnému fungování. V této kapitole se blíže seznámíme se systémem standardizovaného zpracování dat EPCIS, který zde vystupuje jako databáze načtených EPC kódů. Ve spolupráci VŠB-TU Ostrava s korejskou univerzitou Dongguk University na společném projektu EUREKA bylo ostravské univerzitě zaslíbeno poskytnutí korejského EPCIS softwaru UPLUS (Ubiquitous Product Lifecycle Unified System). Bohužel se doposud nezdařila plnohodnotná spolupráce v rámci tohoto softwaru. Z tohoto důvodu se v této kapitole zaměřím alespoň na ilustrační obrazovky softwaru UPLUS pro názornou ukázkou a stručný popis. Větší pozornost a hlavně praktické ukázky budou vytvářeny prostřednictvím softwaru Fosstrak, což je open source software, který ostravská univerzita dlouhodobě využívá.

5.1. UPLUS

UPLUS (Ubiquitous Product Lifecycle Unified System), volně přeloženo jako všudypřítomný jednotný systém životního cyklu produktu, je systém vytvořený korejskou univerzitou Dongguk University. Pod celkovým konceptem tohoto systému stála vize integrovaného systému řízení životního cyklu produktu. Podstatou celého projektu bylo zvýšit účinnost procesu sledování a dohledávání objektů s cílem maximalizovat efektivitu v rámci dodavatelského řetězce. Zaměření na výrobu, logistiku, distribuci a to vše s otevřenou infrastrukturou pro své obchodní partnery. Na základě vysledovaných informací bude možné vytvořit značnou přidanou hodnotu z hlediska poskytování informačních služeb svým obchodním partnerům. Hlavními požadavky při vytváření integrovaného systému:

- Sdílení systémového kódu
- Standard pro sdílení informací v síťové infrastruktuře
- Informační infrastruktura, obchodní řešení a služby
 - globální sledovanost, retail / store řešení správy, finanční řešení [29]

5.1.1. UPLUS Hub

HUB platform je vstupní rozhraní, které nám poskytuje náhled na celkovou nabídku UPLUS EPCIS. Rozhraní je rozděleno do tří sekcí:

- Retail ASP service (služby maloobchodů)
- HUB Platform (hlavní nabídka)
- Local system (lokální služby)

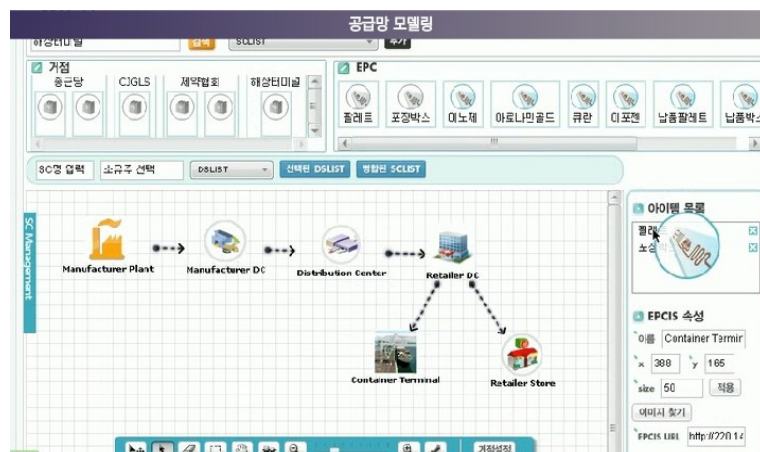
Celková koncepce UPLUS rozhraní je řešena velmi přehledně, aby zde mohl uživatel jednoduše a efektivně pracovat. Já se v popisu jednotlivých částí zaměřím na nejvyužívanější prvky UPLUS systému.



Obr. č. 39 Úvodní obrazovka UPLUS EPCIS

5.1.2. Supply Chain Modeler

Supply Chain modeler je podprogram, který se využívá pro modelování logistického řetězce a veškerých vazeb, které v něm probíhají. Tento nástroj ulehčuje ovladatelnost a logistickou návaznost činností, které v řetězci probíhají a dává tyto činnosti do srozumitelného a hlavně uceleného celku. Na následujícím obrázku můžeme vidět hlavní obrazovku, ve které si uživatel nadefinuje všechny zúčastněné prvky v dodavatelském řetězci a propojí tyto prvky orientovanými hranami pro označení posloupnosti logistických dat. Z předdefinované nabídky, nebo z vlastních zdrojů si uživatel vybere EPC, které chce v modelu zkoumat.



Obr. č. 40 Supply chain modeler návrh řetězce

Na následujícím obrázku můžeme vidět rozšířenou nabídku modelovacího nástroje, kde uživatel definuje jednotky, které jsou v řetězci zúčastněny a postupnost jejich logistického vývoje. Na obrázku jednotlivé nedefinované kruhy (Bizlocation) představují potenciální činnosti a stavy jednotek, které jsou v dodavatelském řetězci identifikovány. Přidáním orientovaných hran opět naznačíme posloupnost těchto činností. Tyto stavy se určují buď pro jednotlivé zúčastněné prvky v řetězci, nebo pro více prvků najednou.

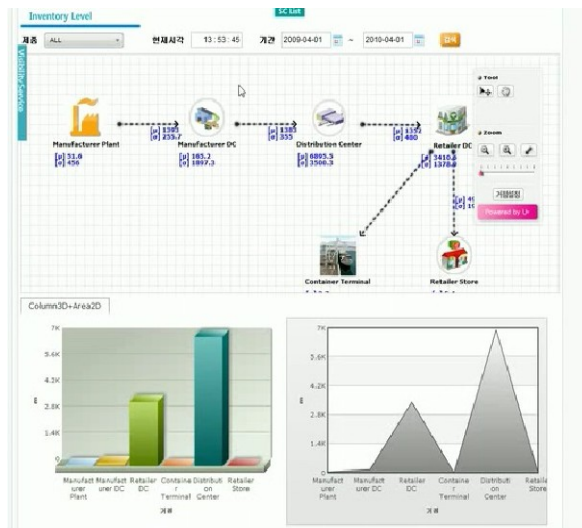


Obr. č. 41 Supply chain modeler výběr jednotky

5.1.3. Visibility Service

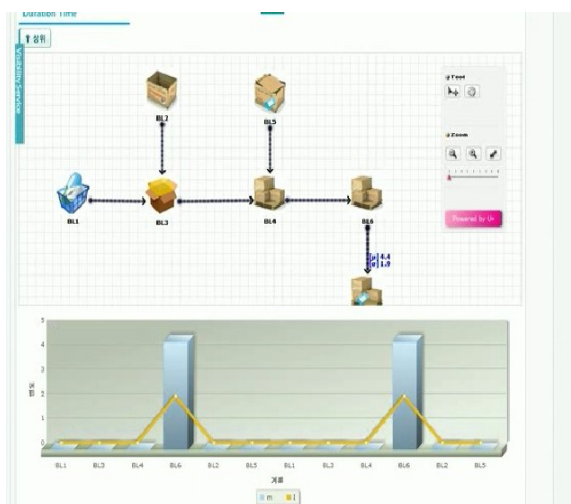
Visibility service je aplikace grafického rozhraní, která uživateli nabízí informace o stavu všech zúčastněných jednotek a vytváří jejich přehlednou grafickou strukturu. Celý průběh dodavatelského řetězce je možné sledovat v prostředí uživatelských grafu a díky nim sledovat a odhalovat prostoje a ztráty v jednotlivých částech řetězce. Na obrázku níže

můžeme vidět grafické zobrazení průběhu jednotky s výrazným zpožděním ve druhém a čtvrtém prvku dodavatelského řetězce. Díky této informaci jsme schopni průběh předvídat, nebo se snažit jej eliminovat.



Obr. č. 42 Popis průběhu jednotky v grafu

Na dalším obrázku je naznačena struktura průběhu v jednom z prvků dodavatelského řetězce. Obrázek naznačuje postupnost vytváření logistické jednotky od výroby, přes balení a expedici. Na grafu níže lze vysledovat průběh celého výrobního procesu. Zjištěné prostoje a nevyhovující ztráty ve výrobním procesu lze eliminovat změnou výrobní technologie, nasazením nových pracovních postupů, nebo jen tento jev předvídat a počítat s ním.



Obr. č. 43 Popis průběhu výroby v grafu

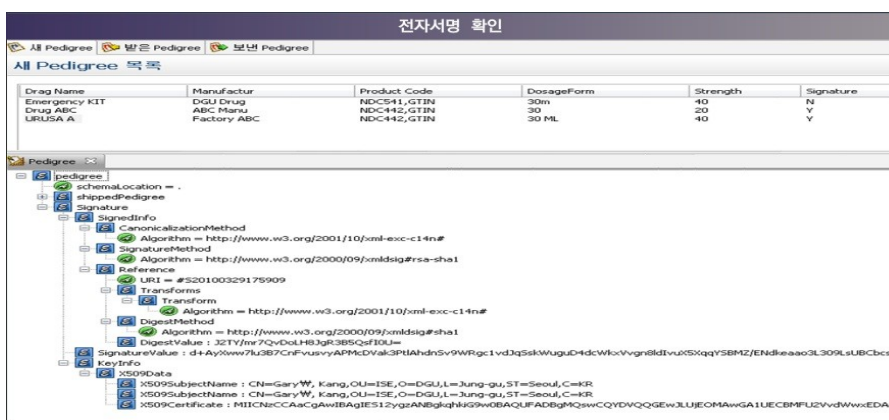
5.1.4. e-Pedigree Service

Jedna z nejdůležitějších a nejvyužívanějších součástí UPLUS je e-Pedigree nástroj (rodokmen výrobku), popisující veškerá potřebná data o výrobku. Již od prvního stádia vzniku výrobku jsou do rodokmene zaznamenány veškerá identifikační data o výrobci (název, adresa, stát, země) a samozřejmě informace o výrobku (název, popis, kód produktu) a dále informace o místě, kde se výrobek odesílá. V každé části dodavatelského řetězce jsou do rodokmene zaznamenány informace o stavu a průběhu dodávky a tím zaručena spolehlivá a přehledná funkčnost celého systému. Díky rodokmenu si zákazník nebo jeden ze zúčastněných prvků může ověřit pravost výrobku a přesvědčit se o tom, že výrobek prošel všemi fázemi, které jsou pro jeho plnohodnotnost nezbytné.

The screenshot shows the 'Pedigree' application interface. At the top, there's a table titled '새 Pedigree 목록' (New Pedigree List) with columns: Drag Name, Manufactur, Product Code, DosageForm, Strength, and Signature. It lists three items: 'Emergency KIT', 'Drug ABC', and 'URUSA A'. Below this is a form titled 'Pedigree' with sections for 'ProductInfo' and 'SenderInfo'. The 'ProductInfo' section includes fields for drugName (URUSA A), manufacturer (Factory ABC), productCode (NDC442), GTIN, dosageForm (30 ML), strength (40), and containerSize (50). The 'SenderInfo' section includes fields for businessAddress (Manufacturer DC), street1 (DC), street2 (ShinRim), city (SEOUL), stateOrRegion (SEOUL), postalCode (151-013), and country (KOREA). There are also sections for 'ItemInfo' and 'RecipientInfo'.

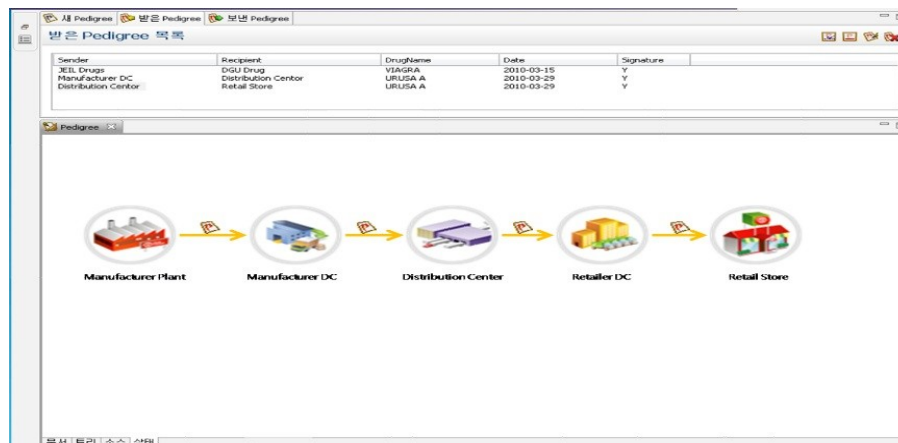
Obr. č. 44 Rodokmen produktu

Na obrázku níže nalezneme průzkumníka rodokmenu výrobku. Jedná se o přehlednou strukturu dat a programovacích prvků potřebných pro plnou funkčnost systému.



Obr. č. 45 Rozvětvení rodokmenu

Na posledním obrázku už je vyobrazena sekce prvků, kterými výrobek i jeho rodokmen prošel. Mezi jednotlivými prvky řetězce jsou naznačeny exporty rodokmenu, kliknutím na daný rodokmen se otevře informační okno (obr. č. 43).



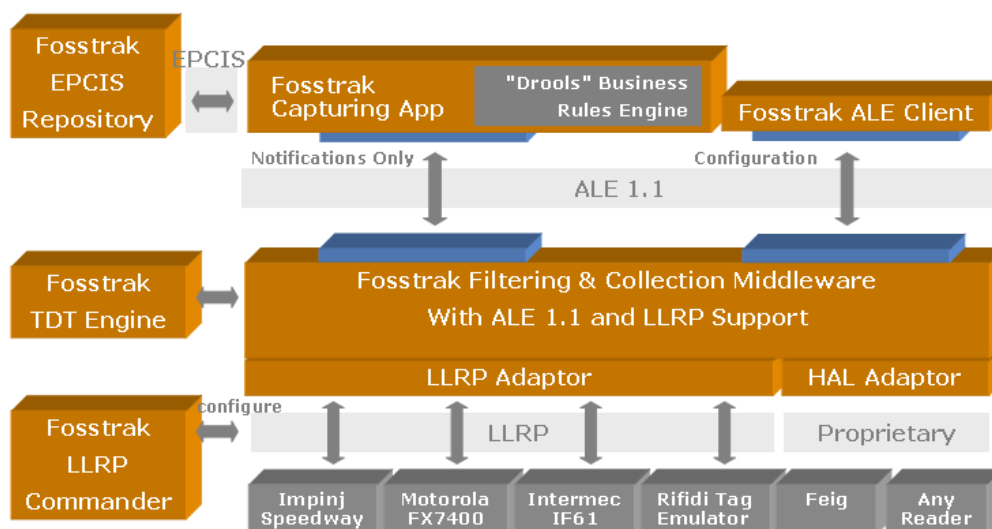
Obr. č. 46 Logistický postup rodokmenu

5.2. Fosstrak

Fosstrak EPCIS je open source softwarová platforma, která implementuje GS1 EPC specifikaci sítě. Tento software je pod záštitou certifikovaného standardu EPCglobal.

Tento software umožňuje:

- Nasazení levného EPCIS řešení
- Načtení EPC dat do EPCIS úložiště
- Dotazování pomocí grafického uživatelského rozhraní



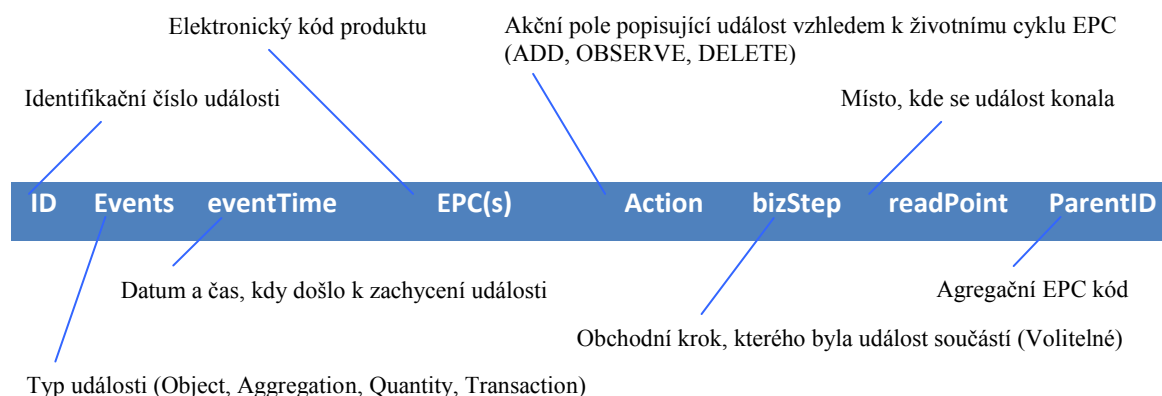
Obr. č. 47 Princip fungování EPCIS Fosstrak [31]

Na uvedeném obrázku je popsána postupová funkce EPCIS softwaru Fosstrak. Posloupnost sběru dat je zde zakreslena směrem od zdola nahoru. Máme zde tedy určité čtečky, které načítají data v jejich okolí (tagy). Načtená data v podobě logických nul a jedniček jsou následně převedena do jednotného jazyka, se kterým je možné dále efektivněji pracovat. Pomocí middlewaru jsou data očištěna a přefiltrována tak, abychom dosáhli co největší užitkové hodnoty získaných informací. Pro snadnější uživatelskou komunikaci a spolupráci s daty lze prostřednictvím softwaru vytvářet dotazy na požadované stavy a události. Zavádí se obchodní pravidla pro rozdělení a snadnější pochopení jednotlivých informací, a po dokončení veškerých úprav jsou informace uloženy do EPCIS databáze.

5.3. Aplikace RFID systému v prostředí automobilového průmyslu

V této praktické části demonstruji schopnosti EPCIS Fosstrak, ve které reflektuji model výrobního procesu v Petriho sítích. Navazuji na předchozí kapitoly, kde jsem namodeloval provoz výroby součástí pro automobilový průmysl.

Pro praktickou ukázkou použití EPCIS Fosstrak jsem využil vybavení laboratoře a snažil se pomocí něj simulovat reálné pochody ve výrobním procesu automobilu. V simulaci jsou využity krabice označené RFID tagem, zastupující reálné automobilové součástky. Každá součástka je v systému evidována pod EPC klíčem SGTIN, který ji dokáže unikátně identifikovat. Prezentuji vždy reálnou činnost v simulovaných laboratorních podmínkách a poté elektronický obraz v elektronickém prostředí EPCIS.



5.3.1. Aplikace tagů na produkty

Při zahájení výrobní technologie dostane každý produkt své unikátní EPC, které je poprvé zachyceno v EPCIS při prvotním styku s RFID anténou (Obr. č. 48). RFID antény jsou od výrobní linky natolik vzdáleny, aby došlo k dostatečně vysokému signálu a nerušenému čtení jednotlivých položek. Každé položce je v EPCIS přiřazeno primární číslo ID, časová stopa načtení, samotný EPC kód položky, typ zápisu, popis identifikačního prostředí a prostředí RFID čtečky (Tab. č. 2).



Obr. č. 48 Simulace výrobní linky v automobilovém průmyslu

Tabulka č. 2 EPCIS - Načítání položek při zahájení výrobního cyklu

ID	Events	eventTime	EPC(s)	Action	bizStep	readPoint
1	Object	2012-03-01 08:00:00	urn:epc:raw:96.xE200341B802011412253250'	ADD	urn:epcglobal:cbv:bizstep:výroba	urn:epcglobal:cbv:rp:1.VýrobníLinka
2	Object	2012-03-01 08:00:05	urn:epc:raw:96.xE200341B802011412253251'	ADD	urn:epcglobal:cbv:bizstep:výroba	urn:epcglobal:cbv:rp:1.VýrobníLinka
3	Object	2012-03-01 08:00:10	urn:epc:raw:96.xE200341B802011412253252'	ADD	urn:epcglobal:cbv:bizstep:výroba	urn:epcglobal:cbv:rp:1.VýrobníLinka
4	Object	2012-03-01 08:00:15	urn:epc:raw:96.xE200341B802011412253253'	ADD	urn:epcglobal:cbv:bizstep:výroba	urn:epcglobal:cbv:rp:1.VýrobníLinka
5	Object	2012-03-01 08:00:20	urn:epc:raw:96.xE200341B802011412253254'	ADD	urn:epcglobal:cbv:bizstep:výroba	urn:epcglobal:cbv:rp:1.VýrobníLinka
6	Object	2012-03-01 08:00:25	urn:epc:raw:96.xE200341B802011412253255'	ADD	urn:epcglobal:cbv:bizstep:výroba	urn:epcglobal:cbv:rp:1.VýrobníLinka
7	Object	2012-03-01 08:00:30	urn:epc:raw:96.xE200341B802011412253256'	ADD	urn:epcglobal:cbv:bizstep:výroba	urn:epcglobal:cbv:rp:1.VýrobníLinka
8	Object	2012-03-01 08:00:35	urn:epc:raw:96.xE200341B802011412253257'	ADD	urn:epcglobal:cbv:bizstep:výroba	urn:epcglobal:cbv:rp:1.VýrobníLinka
9	Object	2012-03-01 08:00:40	urn:epc:raw:96.xE200341B802011412253258'	ADD	urn:epcglobal:cbv:bizstep:výroba	urn:epcglobal:cbv:rp:1.VýrobníLinka
10	Object	2012-03-01 08:00:45	urn:epc:raw:96.xE200341B802011412253259'	ADD	urn:epcglobal:cbv:bizstep:výroba	urn:epcglobal:cbv:rp:1.VýrobníLinka
11	Object	2012-03-01 08:00:50	urn:epc:raw:96.xE200341B802011412253260'	ADD	urn:epcglobal:cbv:bizstep:výroba	urn:epcglobal:cbv:rp:1.VýrobníLinka
12	Object	2012-03-01 08:00:55	urn:epc:raw:96.xE200341B802011412253261'	ADD	urn:epcglobal:cbv:bizstep:výroba	urn:epcglobal:cbv:rp:1.VýrobníLinka

5.3.2. Agregace spotřebitelských jednotek

Při výrobě stanoveného počtu kusů se výrobky ukládají do předem připravených krabic - obchodních jednotek (Obr. č. 49). Jak již bylo naznačeno na simulovaném modelu Petriho sítí, je každá krabice balena po šesti kusech vyráběných dílů, což v prostředí EPCIS znamená, že jednomu agregovanému EPC kódu je přiřazeno šest EPC kódů jednotlivých výrobků. V systému EPCIS se toto spojení realizuje událostí s názvem „Aggregation“, u které se pod jedno EPC přiřadí více jiných. Tento EPC klíč má své specifické označení SSCC.



Obr. č. 49 Balení hotových výrobků do krabic (obchodních jednotek)

Tabulka č. 3 EPCIS - agregace spotřebitelských jednotek

ID	Event	EventTime	ParentID	EPC	Action	bizStep	readPoint
13	Aggregation	2012-03-01 09:01:00	urn:epc:id:sscc:0801234.099999001	urn:epc:raw:96.xE200341B802011412253250' 'urn:epc:raw:96.xE200341B802011412253251' 'urn:epc:raw:96.xE200341B802011412253252' 'urn:epc:raw:96.xE200341B802011412253253' 'urn:epc:raw:96.xE200341B802011412253254' 'urn:epc:raw:96.xE200341B802011412253255'	ADD	urn:epcglobal:cbv:bizstep:balení	urn:epcglobal:cbv:rp:1.Balírna

5.3.3. Sledování pohybu označené obchodní jednotky

Po zabalení požadovaného počtu vyrobených kusů je obchodní jednotka zabalena a označena RFID tagem, který je automaticky vytisknut tiskárnou RFID tagů po splnění předem stanoveného počtu kusů spotřebitelských jednotek. Po dobalení a označení pokračují obchodní jednotky po páse na balicí linku, kde jsou ukládány na paletu. Před ukládáním jsou krabice prostřednictvím aplikovaného RFID tagu lokalizovány (Obr. č. 50) a zaváděny do EPCIS (Tab. č. 4).



Obr. č. 50 Sledování pohybu označené obchodní jednotky

Tabulka č. 4 EPCIS - načítání obchodních jednotek před paletizací

ID	Events	eventTime	EPC(s)	Action	bizStep	readPoint
14	Object	2012-03-01 09:03:00	urn:epc:id:sscc:0801234.0999999001	Observe	urn:epcglobal:cbv:bizstep: balení	urn:epcglobal:cbv:rp:1.BaliciLinka
15	Object	2012-03-01 09:04:00	urn:epc:id:sscc:0801234.0999999002	Observe	urn:epcglobal:cbv:bizstep: balení	urn:epcglobal:cbv:rp:1.BaliciLinka
16	Object	2012-03-01 09:05:00	urn:epc:id:sscc:0801234.0999999003	Observe	urn:epcglobal:cbv:bizstep: balení	urn:epcglobal:cbv:rp:1.BaliciLinka
17	Object	2012-03-01 09:06:00	urn:epc:id:sscc:0801234.0999999004	Observe	urn:epcglobal:cbv:bizstep: balení	urn:epcglobal:cbv:rp:1.BaliciLinka
18	Object	2012-03-01 09:07:00	urn:epc:id:sscc:0801234.0999999005	Observe	urn:epcglobal:cbv:bizstep: balení	urn:epcglobal:cbv:rp:1.BaliciLinka
19	Object	2012-03-01 09:08:00	urn:epc:id:sscc:0801234.0999999006	Observe	urn:epcglobal:cbv:bizstep: balení	urn:epcglobal:cbv:rp:1.BaliciLinka
20	Object	2012-03-01 09:09:00	urn:epc:id:sscc:0801234.0999999007	Observe	urn:epcglobal:cbv:bizstep: balení	urn:epcglobal:cbv:rp:1.BaliciLinka
21	Object	2012-03-01 09:10:00	urn:epc:id:sscc:0801234.0999999008	Observe	urn:epcglobal:cbv:bizstep: balení	urn:epcglobal:cbv:rp:1.BaliciLinka
22	Object	2012-03-01 09:11:00	urn:epc:id:sscc:0801234.0999999009	Observe	urn:epcglobal:cbv:bizstep: balení	urn:epcglobal:cbv:rp:1.BaliciLinka
23	Object	2012-03-01 09:12:00	urn:epc:id:sscc:0801234.0999999010	Observe	urn:epcglobal:cbv:bizstep: balení	urn:epcglobal:cbv:rp:1.BaliciLinka

5.3.4. Paletizace

Obchodní jednotky jsou umísťovány na předem připravené palety, které jsou umístěny vedle balicí linky. Při lokalizaci požadovaného počtu obchodních jednotek je automaticky vytisknut RFID tag, kterým je následně paleta označena. Tento tag je opět identifikován agregačním EPC kódem s označením SSCC, pod kterým je uloženo 10 EPC kódu příslušných obchodních jednotek. Při určování počtu kusů jsem opět vycházel z modelu Petriho sítí. V systému EPCIS je toto spojení opět realizováno událostí s názvem „Aggregation“.



Obr. č. 51 Paletizace obchodních jednotek

Tabulka č. 5 EPCIS - agregace obchodních jednotek

ID	Event	EventTime	ParentID	EPC	Action	bizStep	readPoint
24	Aggregation	2012-03-01 09:30:00	urn:epc:id:sscc:0801234. 0999999011	urn:epc:id:sscc:0801234.099999 9001' 'urn:epc:id:sscc:0801234.099999 9002' 'urn:epc:id:sscc:0801234.099999 9003' 'urn:epc:id:sscc:0801234.099999 9004' 'urn:epc:id:sscc:0801234.099999 9005' 'urn:epc:id:sscc:0801234.099999 9006' 'urn:epc:id:sscc:0801234.099999 9007' 'urn:epc:id:sscc:0801234.099999 9008' 'urn:epc:id:sscc:0801234.099999 9009' 'urn:epc:id:sscc:0801234.099999 9010'	ADD	urn:epcglobal:cbv:biz step:paletizace	urn:epcglobal:cbv:rp:1. BalirnaPalet

5.3.5. Zavážení palety do skladu a umístění do příslušné lokace

Po dokončení balení a označení palety RFID tagem je paleta převezena do podnikového skladu skrze RFID bránu a následně umístěna na příslušnou pozici (Obr. č. 52). Obě tyto operace jsou v EPCIS zaznamenány s danou časovou stopou a vlastním ID operace. Jednotlivé lokace jsou vybaveny RFID anténami, takže lze sledovat umístění výrobků v reálném čase (Obr. č. 53).



Obr. č. 52 Zavážení palety do skladu



Obr. č. 53 Naskladnění palety na danou pozici

Tabulka č. 6 EPCIS - Sledování pohybu výrobků ve skladě

ID	Events	eventTime	EPC(s)	Action	bizStep	readPoint
33	Object	2012-03-01 10:00:00	urn:epc:id:sscc:0801234.0999999011	Observe	urn:epcglobal:cbv:bizstep:skladování	urn:epcglobal:cbv:rp:1.VýrobníSklad A
34	Object	2012-03-01 10:05:00	urn:epc:id:sscc:0801234.0999999011	Observe	urn:epcglobal:cbv:bizstep:naskladnění	urn:epcglobal:cbv:rp:1.SkladovacíOblast A23

Závěr

Cílem této diplomové práce bylo provést analýzu využití technologie radiofrekvenční identifikace v automobilovém průmyslu a zaměřit se na využití EPCIS systémů a jeho konkrétní aplikaci v daném prostředí.

Na počátku práce jsem provedl rozbor a popis vývoje identifikačních technologií, které se v oblasti výrobního segmentu pohybují. Po konzultaci s obchodním zástupcem subdodavatelské firmy jsem provedl podrobnou analýzu způsobu identifikace pomocí čárových kódů v celkovém výrobním cyklu automobilu. Do analýzy jsem přidal srovnání možného způsobu identifikace pomocí RFID systému, abych detailně poukázal na nejdůležitější rozdíly. Celou analýzu jsem zakončil vyhodnocením obou použitých technologií a vytvořil detailní SWOT analýzu technologie RFID. V rámci celkového pohledu a vyznačení všestrannosti technologie jsem rozebral možnosti využití RFID v celém životním cyklu automobilu od výroby, po konečnou ekologickou likvidaci.

Pro praktickou realizaci výsledků analýzy měl být využit korejský software UPLUS, ale i přes značnou snahu četnou korespondenci se nepodařilo žádnou verzi softwaru pro realizaci práce z Koreje získat. Jedinou předlohou pro zpracování této části diplomové práce byla demo ukázka softwaru UPLUS, díky které jsem byl schopen vytvořit popis funkce s náhledem jednotlivých obrazovek. Praktická část byla tedy vytvořena v dostupném prostředí softwaru Fosstrak. Pro realizaci analýzy a simulaci způsobu identifikace ve výrobním prostředí subdodavatelské firmy jsem využil Petriho sítí. Jde o výrobu automobilových dílů a proces postupné generalizace jednotek. Díky vhodným prvkům EPCIS bylo lehce dosaženo přehledné a ucelené správy načtených dat, pro další mnohé využití, které je v logistickém řetězci zásadní. Zvolený postup byl z pohledu funkčnosti a realizace zcela bezproblémový a dovoluji si tvrdit, že do prostředí výrobního procesu vyhovující.

Zvolené téma jsem si vybral díky potenciálu RFID technologie v oblasti identifikace objektů v automobilovém průmyslu. Po provedené analýze, návrhu a realizaci modelových příkladů v laboratorním prostředí jsem přesvědčen, že tento potenciál existuje. Práce pro mě byla obrovským přínosem z hlediska pochopení dané problematiky a schopnosti využití a aplikace RFID technologie v praxi. Souhrnně lze tedy konstatovat, že veškeré cíle práce byly naplněny.

Seznam použité literatury

- [1] DOBKIN, D. *The RF in RFID: Passive UHF RFID in practice*. USA: Elsevier, 2008. 505s., ISBN 978-0-7506-8209-1.
- [2] GLOVER, B. a Bhatt H. *RFID essentials*. 1st ed. Beijing: O'Reilly, 2006, 260 s. ISBN 05-960-0944-5.
- [3] HELLSTROM, D., WIBERG, M. *Exploring an open-loop RFID implementation in the automotive industry*. Emerging Technologies & Factory Automation. 2009. 4s., ISBN 978-1-4244-2727-7
- [4] JONES, Erick C a Christopher A CHUNG. *RFID in logistics: a practical introduction*. Boca Raton: CRC Press, c2008, 489 s. ISBN 08-493-8526-1.
- [5] LAM, S. F., NIKITIN, P. V., RAO, K. V. S. *Antenna design for UHF RFID Tags: A review and a practical application*. IEEE Transactions on Antennas and Propagation. 2005, vol. 53, no. 12, p. 3870–3876.
- [6] LEHPAMER, Harvey. *RFID design principles*. Boston: Artech House, 2008, 293 s. ISBN 978-1-59693-194-7.
- [7] SOMMEROVÁ, Martina. *Charakteristika systému radiofrekvenční identifikace*. Ostrava, 2009. 32 s. Semestrální práce. VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA.
- [8] Automatizace.hw: rady a poslední novinky z oboru. VOJÁČEK, A. *Více i méně běžné RFID frekvence a jejich vliv na komunikaci* [online]. 2008 [cit. 2012-04-21]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/vice-i-mene-bezne-rfid-frekvence-jejich-vliv-na-komunikaci>
- [9] Barco. *Čárové kódy a RFID systémy: řešení pro automobilový průmysl* [online]. [cit. 2012-04-21]. Dostupné z: <http://www.barco.cz/?id=reseni&sel=3>
- [10] Barcodes. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. Wikimedia Foundation [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/Barcode>
- [11] Biomark: Specialists in electronic identification. *Tags* [online]. [cit. 2012-04-21]. Dostupné z: http://www.biomark.com/products/tags/bulk_pit_tags/
- [12] Codeware: Stolní RFID čtečka TWN3 Multi 125 [online]. [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: http://www.codeware.cz/produkty/rfid-readers-antennas_5/twn3-multi-125-elatec_406.html

- [13] *Convergence systems*. In: Immedia systems [online]. [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://store.immediasys.com/convergence-systems-cs777-near-field-uhf-rfid-antenna-round/>
- [14] FLEISCH, E., J. RINGBECK, S. STROH, Ch. PLENGE a M. STRASSNER. From Operations to Strategy: The Potential of RFID for the Automotive Industry. [online]. 2004, s. 54 [cit. 2012-04-21]. Dostupné z: http://www.m-lab.ch/docs/WP23_From_Operations_to_Strategy-The_Potential_of_RFID_for_the_Automotive_Industry.pdf
- [15] GS1: EPCglobal. *Electronic Product Code (EPC): An Overview* [online]. 2007 [cit. 2012-04-21]. Dostupné z: http://www.gs1.org/docs/epcglobal/an_overview_of_EPC.pdf
- [16] GS1: EPCglobal. *RFID a globální standard EPC* [online]. [cit. 2012-04-21]. Dostupné z: http://www.gs1cz.org/download/materialy/RFID-EPC_po_strankach.pdf
- [17] Honcen. *RFID Card* [online]. [cit. 2012-04-21]. Dostupné z: <http://www.honcen.net/v1/card-type/rfid-card.html>
- [18] JMPartners. *Slovníček pojmů* [online]. [cit. 2012-04-21]. Dostupné z: <http://www.jmpartners.cz/cz/slovnicek-pojmu.html>
- [19] LOPOUR, D. *EPCIS je ratifikovaným standardem*. [online]. 2007 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://www.rfid-epc.cz/clanky/produkty/epcis-je-ratifikovany-standardem-a374341>
- [20] *RFID: technologie pro internet věcí* [online]. 2009 [cit. 2011-12-08]. Dostupné z: <http://access.feld.cvut.cz/view.php?cisloclanku=2009020001>
- [21] *RFID* [online]. [cit. 2011-12-15]. Dostupné z: <http://www.bartech.cz/index.php/cs/technologie/rfid>
- [22] *RFID/EPCglobal* [online]. [cit. 2011-12-15]. Dostupné z: <http://www.gs1cz.org/rfid-epcglobal/>
- [23] *RFID tagy* [online]. [cit. 2011-12-15]. Dostupné z: http://www.d-health.cz/dhealth/index.php?option=com_content&view=article&id=80&Itemid=85&lang=cs
- [24] *RFID mobilní terminály*. In: Barco [online]. [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://www.barco.cz/?id=produkty&sel=27>

- [25] Supply insight: Delivering the promise of RFID. *RFID Middleware* [online]. [cit. 2012-04-21]. Dostupné z: http://www.supplyinsight.com/RFID_Middleware.html
- [26] VOJÁČEK, A. *RFID Smart Label a RFID vs. čárový kód* [online]. 2007 [cit. 2011-12-15]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/rfid-smart-label-rfid-vs-carkovy-kod>
- [27] *What is RFID?* [online]. [cit. 2011-10-25]. Dostupné z: <http://www.RFIDjournal.com/article/articleview/1339/1/129/>
- [28] *Základní informace o technologii RFID* [online]. [cit. 2011-10-23]. Dostupné z: http://www.RFIDportal.cz/index.php?page=RFID_obecne
- [29] 이 용 한. RFID na bázi logistických informací integraci řízení životního cyklu výrobku. *Dongguk univerzity* [online]. 2009 [cit. 2012-04-21]. Dostupné z: <http://blog.daum.net/hwl925k/11086427>
- [30] HARROP, P. Dr. M-indya. *The Price-Sensitivity Curve for RFID* [online]. 2006 [cit. 2012-04-26]. Dostupné z: <http://www.m-indya.com/shownews.php?newsid=1615>
- [31] Fosstrak: Open Source RFID Platform. *Fosstrak ALE Middleware with LLRP Support* [online]. [cit. 2012-04-26]. Dostupné z: <http://code.google.com/p/fosstrak/wiki/AleMain>
- [32] *RFID Non-stop system* [online]. [cit. 2012-04-26]. Dostupné z: http://www.wiju.co.kr/wiju/esub2_16.htm

Seznam použitých obrázků

Obr. č. 1 Ukázka přístroje pro radiovou detekci letadel [1]	3
Obr. č. 2 Komponenty RFID systému	5
Obr. č. 3 Ukázka RFID tagu [23]	7
Obr. č. 4 Ukázka kruhových tagů [7]	7
Obr. č. 5 Vrstvení tagu Smart Label	8
Obr. č. 6 Zapuštění tagu do plastových karet [17]	8
Obr. č. 7 Tagy zapuštěné do palety	9
Obr. č. 8 Skleněné tagy [11]	9
Obr. č. 9 Rozsah frekvencí RFID tagu [1]	12
Obr. č. 10 Využití RFID technologie dle frekvence tagu [20]	13
Obr. č. 11 Složení RFID čtečky [8]	14
Obr. č. 12 Stacionární čtečky [7]	15
Obr. č. 13 Stolní čtečky [12]	15
Obr. č. 14 Mobilní čtečky [24]	16
Obr. č. 15 Srovnání čtecích vzdáleností magnetické a elektromagnetické antény [1]	17
Obr. č. 16 Ukázka RFID antén [13]	18
Obr. č. 17 Komunikace mezi dvěma společnostmi [20]	21
Obr. č. 18 Middleware	22
Obr. č. 19 Ukázka čárového kódu 1D a 2D	24
Obr. č. 20 Vývoj identifikační technologie	25
Obr. č. 21 Graf počtu správně aktualizovaných kusů	26
Obr. č. 22 Přiblížení grafu počtu správně aktualizovaných kusů	27
Obr. č. 23 Řízení výrobního toku s využitím RFID bran	27
Obr. č. 24 Uskladnění palet a načtení do systému [9]	28
Obr. č. 25 Expedice v případě čárových kódů	29
Obr. č. 26 Naskladnění v případě čárových kódů	29
Obr. č. 27 RFID systém u dodavatele	31
Obr. č. 28 Simulace RF identifikace výrobků u subdodavatele pomocí Petriho sítí	32
Obr. č. 29 Aktivitní diagram výroby u subdodavatele s RFID	33
Obr. č. 30 Naskladnění v případě RFID	34
Obr. č. 31 Kontrola dílů v karoserii	34
Obr. č. 32 Expedice v případě RFID	35
Obr. č. 33 Ověření vozidla distributorem	35
Obr. č. 34 Vývoj ceny tagu [30]	38
Obr. č. 35 Životní cyklus automobilu	39
Obr. č. 36 Kontrola skladových zásob	40
Obr. č. 37 Elektronické mýtné a parkování s RFID [32]	41
Obr. č. 38 Ekologická likvidace automobilu (RFID třídící systém)	42
Obr. č. 39 Úvodní obrazovka UPLUS EPCIS	44
Obr. č. 40 Supply chain modeler návrh řetězce	45
Obr. č. 41 Supply chain modeler výběr jednotky	45
Obr. č. 42 Popis průběhu jednotky v grafu	46
Obr. č. 43 Popis průběhu výroby v grafu	46
Obr. č. 44 Rodokmen produktu	47
Obr. č. 45 Rozvětvení rodokmenu	47

<i>Obr. č. 46 Logistický postup rodokmenu</i>	<i>48</i>
<i>Obr. č. 47 Princip fungování EPCIS Fosstrak [31]</i>	<i>48</i>
<i>Obr. č. 48 Simulace výrobní linky v automobilovém průmyslu</i>	<i>50</i>
<i>Obr. č. 49 Balení hotových výrobků do krabic (obchodních jednotek)</i>	<i>51</i>
<i>Obr. č. 50 Sledování pohybu označené obchodní jednotky</i>	<i>52</i>
<i>Obr. č. 51 Paletizace obchodních jednotek</i>	<i>53</i>
<i>Obr. č. 52 Zavážení palety do skladu.....</i>	<i>54</i>
<i>Obr. č. 53 Naskladnění palety na danou pozici</i>	<i>54</i>

Seznam použitých tabulek

<i>Tabulka č. 1 Komponenty RFID systému.....</i>	<i>4</i>
<i>Tabulka č. 2 EPCIS - Načítání položek při zahájení výrobního cyklu.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabulka č. 3 EPCIS - agregace spotřebitelských jednotek</i>	<i>51</i>
<i>Tabulka č. 4 EPCIS - načítání obchodních jednotek před paletizací</i>	<i>52</i>
<i>Tabulka č. 5 EPCIS - agregace obchodních jednotek</i>	<i>53</i>
<i>Tabulka č. 6 EPCIS - Sledování pohybu výrobků ve skladě</i>	<i>54</i>